

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA



**INFLUÊNCIA DA ESTRATÉGIA DE ADESÃO,
DA HUMIDADE DO SUBSTRATO E DO ENVELHECIMENTO
ARTIFICIAL NO DESEMPENHO LABORATORIAL
DOS ADESIVOS UNIVERSAIS À DENTINA**

VIRGÍNIA CARVALHO SANTOS

Orientadores:

Professor Doutor Jaime Pereira Fontes de Almeida Portugal

Professor Doutor Luis Miguel Pires Lopes

Professora Doutora Maria Manuela das Neves Lopes

Tese especialmente elaborada para a obtenção do grau de Doutor em Medicina
Dentária, especialidade de Biomateriais

Júri:

Presidente: Professor Doutor Mário Filipe Cardoso de Matos Bernardo

Vogais: Professor Doutor Mário Ramalho de Vasconcelos

Professor Doutor Pedro Miguel Gomes Nicolau

Professor Doutor Jaime Pereira Fontes de Almeida Portugal

Professor Doutor João Tiago Cardoso Gonçalves Mourão

Professora Doutora Maria Manuela das Neves Lopes

Professora Doutora Maria Cristina Bettencourt Neves

2016

*“A mente que se abre a uma nova ideia, jamais volta
ao seu tamanho inicial”*

ALBERT EINSTEIN

Agradecimentos

A realização desta Dissertação de Doutoramento só foi possível devido à colaboração e ao contributo, de várias pessoas e instituições, às quais gostaria de exprimir algumas palavras de agradecimento.

Ao Professor Jaime Pereira Fontes de Almeida Portugal, Professor Associado com Agregação, Presidente do Conselho Pedagógico da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa e regente da unidade curricular de Biomateriais Dentários, pela disponibilidade manifestada para orientar este trabalho, pela exigência de método e rigor, pela incansável orientação científica, pela revisão crítica do texto, pelos profícuos comentários, esclarecimentos, opiniões e sugestões.

Ao Professor Doutor Luís Miguel Pires Lopes, Professor Catedrático, Diretor da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa e regente da unidade curricular de Prostodontia Removível, pelos oportunos conselhos, pela acessibilidade, cordialidade e simpatia demonstradas, pela confiança que sempre me concedeu e pelo permanente estímulo que, por vezes, se tornaram decisivos em determinados momentos da elaboração desta tese, incluindo o benéfico acompanhamento ao longo do meu percurso académico.

À Professora Doutora Maria Manuela das Neves Lopes, Professora Auxiliar e regente das unidades curriculares de Biologia Celular e Molecular, de Embriologia e Histologia e de Genética da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa, pelo apoio durante a realização deste estudo. Os seus conhecimentos e a sua experiência como investigadora foram uma ajuda preciosa no decorrer da elaboração deste trabalho.

À Professora Doutora Sofia Arantes de Oliveira, Professora Associada da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa e regente da unidade curricular de Odontogeriatrica, pela incansável organização e trabalho

desenvolvido no laboratório de Biomateriais, que tornou possível a execução de grande parte deste trabalho. Agradeço ainda a disponibilidade e ajuda que me prestou sempre que tive dúvidas.

À colega e amiga Filipa Chasqueira pela enorme amizade que criámos, pelos bons momentos e sobretudo pelo estímulo fundamental nas alturas de desânimo. Agradeço a disponibilidade demonstrada e inestimável colaboração ao longo da execução deste trabalho.

À Dr.^a Sara Palmares e à Dr.^a Salomé Matias o meu muito obrigado pela colaboração e ajuda neste trabalho. As infindáveis horas passadas no laboratório foram atenuadas pela vossa ajuda, pela vossa presença, pela vossa dedicação e amizade.

Aos meus colegas do Departamento de Reabilitação Oral, Professora Doutora Cristina Bettencourt Neves, Professora Doutora Isabel Gomes, Dr.^a Teresa Mendes e Dr. Bernardo Neves, pelo apoio prestado para que pudesse cumprir os meus objetivos e realizar mais uma etapa da minha formação.

Ao núcleo da Biomecânica do Instituto Superior Técnico de Lisboa, e em particular à Engenheira Isabel Nogueira, por me terem proporcionado as condições necessárias para a obtenção das imagens de microscopia, que ajudaram a construir esta tese. Obrigado pela simpatia, disponibilidade constante e ajuda preciosa.

Às empresas Voco, Ivoclar Vivadent e 3M ESPE que gentilmente cederam parte do material necessário para a realização dos trabalhos que conduziram a esta tese.

Gostaria também de agradecer a todos os colegas que contribuíram para a recolha dos dentes que tornaram possível a execução deste trabalho laboratorial, com um agradecimento especial à MD Clínica.

Ao meu marido Miguel pelo apoio incondicional, pela perseverança e pelo constante encorajamento a fim de prosseguir a elaboração deste trabalho. Agradeço ainda todo o apoio que me deu na formatação e leitura desta dissertação e as horas passadas a trabalhar na minha companhia para que não faltasse motivação e coragem.

Aos meus filhos, Diogo e Carolina pelo amor e compreensão com que sempre me acompanharam. Espero que esta etapa, que agora termino, possa, de alguma forma, retribuir e compensar todo o carinho, apoio e dedicação que, constantemente, me ofereceram. A eles, dedico todo este trabalho.

Por último, mas não menos importante, aos meus pais e irmãos, pelo apoio e compreensão inestimáveis e pelo enorme encorajamento ao longo de toda esta fase. Um enorme obrigado por acreditarem sempre em mim e naquilo que faço.

A todos reitero o meu apreço e a minha eterna gratidão.

Índice

Resumo.....	i
<i>Abstract</i>	v
Lista de Abreviaturas.....	ix

I. INTRODUÇÃO GERAL.....1

1 ADESÃO À ESTRUTURA DENTÁRIA3

1.1 ADESÃO: Conceito	3
1.2 ADESÃO AO ESMALTE.....	4
1.3 ADESÃO À DENTINA	5
1.3.1 Substrato dentinário.....	5
1.3.2 <i>Smear layer na dentina</i>	9
1.3.3 Camada híbrida	10

2 SISTEMAS ADESIVOS DENTINÁRIOS12

2.1 EVOLUÇÃO E CLASSIFICAÇÃO CRONOLÓGICA	12
2.1.1 Adesivos de primeira geração	14
2.1.2 Adesivos de segunda geração.....	14
2.1.3 Adesivos de terceira geração	16
2.1.4 Adesivos de quarta geração	17
2.1.5 Adesivos de quinta geração.....	18
2.1.6 Adesivos de sexta geração.....	19
2.1.7 Adesivos de sétima geração.....	20
2.2 CLASSIFICAÇÃO ATUAL	21
2.2.1 Sistemas adesivos <i>etch-and-rinse</i>	21
2.2.2 Sistemas adesivos <i>self-etch</i>	24

2.3	COMPOSIÇÃO	25
2.3.1	Condicionador	26
2.3.2	<i>Primer</i>	28
2.3.2.1	Monómeros	28
2.3.2.2	Solventes.....	31
2.3.3	Resina adesiva	32
2.3.4	Adesivos simplificados.....	33
2.4	ASPETOS CRÍTICOS DOS ADESIVOS ATUAIS	34
2.4.1	Sensibilidade técnica	34
2.4.2	Hipersensibilidade pós-operatória	36
2.4.3	Profundidade de desmineralização da dentina e camada híbrida	37
2.4.4	Retenção micromecânica/união química	38
2.4.5	Condicionamento ácido do substrato prévio à aplicação dos sistemas <i>self-etch</i>	40
2.4.6	Permeabilidade dos adesivos e estabilidade da interface adesiva	41
2.4.7	Taxa de retenção das restaurações adesivas	42
2.4.8	Pigmentação marginal das restaurações.....	43
2.4.9	Incompatibilidade dos adesivos simplificados com as resinas restauradoras	43
2.4.10	Estabilidade dos adesivos durante o seu armazenamento	44
3	HUMIDADE DA DENTINA.....	45
3.1	Fontes intrínsecas de humidade da dentina.....	45
3.2	Fontes extrínsecas de humidade da dentina.....	46
3.3	Técnica de adesão húmida	46
3.4	Sensibilidade adesiva às condições de humidade da dentina	49
3.4.1	Estratégia de adesão	49
3.4.2	Composição dos adesivos – tipo de solvente.....	50

4	DEGRADAÇÃO DA INTERFACE ADESIVA	52
4.1	Influência da estratégia de adesão.....	53
4.2	Influência das condições de humidade da dentina.....	55
4.3	Influência da composição dos adesivos	56
4.4	Outros fatores que afetam a degradação da interface adesiva	58
5	AVANÇOS NA TÉCNICA ADESIVA À DENTINA	59
5.1	Medidas para melhorar a técnica adesiva.....	59
5.1.1	Técnica de adesão húmida em etanol.....	59
5.1.2	Aplicação de uma resina hidrofóbica sobre os adesivos hidrofílicos	60
5.1.3	Aplicação de camadas de adesivo extra	61
5.1.4	Aplicação ativa do adesivo	62
5.1.5	Evaporação do solvente	63
5.1.6	Modo de polimerização da resina composta colocada sobre o adesivo	64
5.2	Medidas para melhorar os sistemas adesivos	65
5.2.1	Introdução de monómeros específicos	65
5.2.2	Introdução de agentes antibacterianos.....	67
5.2.3	Introdução de agentes inibidores das MMP's	68
6	ADESIVOS UNIVERSAIS.....	70
II.	OBJETIVOS E DELINEAMENTO GERAL DO ESTUDO	73
III.	ESTUDOS LABORATORIAIS	77
1	Estudo laboratorial de resistência adesiva	79
1.1	Introdução	79

1.2	Objetivos gerais do estudo	83
1.2.1	Objetivos específicos do estudo	83
1.3	Material e métodos	85
1.3.1	Delineamento experimental	85
1.3.2	Seleção e alocação dos dentes pelos grupos de estudo	85
1.3.3	Preparação dos dentes	86
1.3.4	Procedimento restaurador	88
1.3.5	Preparação dos espécimes para microtração	96
1.3.6	Testes de microtração	100
1.3.7	Análise estatística	102
1.3.7.1	Análise estatística dos valores de resistência adesiva	102
1.3.7.2	Análise estatística da influência das características regionais da dentina nas forças de adesão a esse substrato	104
1.3.7.3	Análise estatística dos tipos de falha	104
1.4	Resultados	105
1.4.1	Resultados do estudo da resistência adesiva	105
1.4.2	Resultados do estudo da influência das características regionais da dentina nas forças de resistência adesiva a esse substrato	117
1.4.3	Resultados do estudo do tipo de falha	117
1.5	Discussão	122
1.5.1	Limitações da técnica de microtração	122
1.5.2	Influência da espessura da <i>smear layer</i> nas forças de resistência adesiva	123
1.5.3	Técnica <i>trimming</i> e não- <i>trimming</i>	125
1.5.4	Palitos incluídos na análise estatística	125
1.5.5	Média ao dente	126
1.5.6	Influência da estratégia de adesão nas forças de resistência adesiva	126

1.5.7	Influência da condição de humidade nas forças de resistência adesiva	133
1.5.8	Efeitos do envelhecimento nas forças de resistência adesiva.....	138
1.5.9	Influência das características regionais da dentina nas forças de resistência adesiva	144
1.5.10	Avaliação das falhas pré-teste	146
1.5.11	Avaliação do tipo de falha	146
1.6	Conclusões	149
2	Estudo laboratorial de nanoinfiltração	152
2.1	Introdução	152
2.2	Objetivos gerais do estudo	160
2.2.1	Objetivos específicos do estudo	160
2.3	Material e métodos	162
2.3.1	Delineamento experimental	162
2.3.2	Seleção e alocação dos dentes pelos grupos de estudo	162
2.3.3	Preparação dos dentes	163
2.3.4	Procedimento restaurador	164
2.3.5	Nanoinfiltração dos espécimes	169
2.3.6	Preparação dos espécimes para microscopia eletrónica de varrimento.....	171
2.3.7	Análise por microscopia eletrónica de varrimento	174
2.3.8	Análise estatística	176
2.4	Resultados	178
2.4.1	Resultados da nanoinfiltração na interface adesiva	179
2.4.2	Ultraestrutura e localização geral dos depósitos de prata na interface adesiva	190

2.5 Discussão	206
2.5.1 Limitações do estudo de nanoinfiltração	206
2.5.2 Influência da combinação adesivo/estratégia de adesão na expressão da nanoinfiltração	208
2.5.3 Influência da condição de humidade da dentina na expressão da nanoinfiltração	214
2.5.4 Influência do tempo de envelhecimento na expressão da nanoinfiltração	219
2.5.5 Análise ultraestrutural e da localização geral dos depósitos de prata na interface adesiva formada pelos adesivos em estudo	227
2.6 Conclusões	233
3 Estudo Ultramorfológico da Interface Adesiva	235
3.1 Introdução	235
3.2 Objetivos do estudo	237
3.3 Material e métodos	238
3.3.1 Delineamento experimental	238
3.3.2 Seleção e alocação dos dentes pelos grupos de estudo	238
3.3.3 Preparação dos dentes e procedimento restaurador	239
3.3.4 Preparação dos espécimes para microscopia eletrónica de varrimento	240
3.3.5 Análise dos espécimes em microscopia eletrónica de varrimento	243
3.4 Resultados	244
3.4.1 Caracterização da interface adesiva formada pelos adesivos em função da estratégia de adesão utilizada	244
3.4.2 Caracterização da interface adesiva obtida nas diferentes condições de humidade da dentina	258

3.4.3	Caracterização da interface adesiva após 6 meses de envelhecimento artificial.....	264
3.4.4	Achados morfológicos gerais.....	277
3.5	Discussão	280
3.5.1	Limitações da técnica de preparação dos espécimes	280
3.5.2	Influência da estratégia de adesão na ultramorfologia da interface adesiva	282
3.5.3	Influência da condição de humidade da dentina na ultramorfologia da interface adesiva	288
3.5.4	Influência do envelhecimento dos espécimes na ultramorfologia da interface adesiva	292
3.5.5	Conclusões	301
IV.	DISCUSSÃO FINAL	303
V.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	319
VI.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	325
VII.	ÍNDICE DE FIGURAS	371
VIII.	ÍNDICE DE TABELAS	387
IX.	APÊNDICE	391
X.	ANEXOS	511

Resumo

Objetivos: Analisar o desempenho laboratorial imediato e a longo prazo dos adesivos universais (U) na sua adesão à dentina, no que diz respeito ao efeito do pré-condicionamento ácido e das condições de humidade da dentina.

Métodos: De 240 terceiros molares hígidos constituíram-se 16 grupos, cada um definido por um adesivo (Scotchbond Universal, Futurabond U, Adhese Universal, Clearfil SE Bond e Optibond SOLO Plus), uma estratégia de adesão [*etch-and-rinse* (ER) *versus self-etch* (SE)] e uma condição de humidade da dentina antes da aplicação do adesivo (dentina húmida *versus* seca). O desempenho dos U foi avaliado em diferentes perspetivas: estudo I - quantificação das forças de resistência adesiva à dentina às 24 h, 6 e 12 meses de envelhecimento artificial dos espécimes, com recurso a testes de microtração (2515 palitos obtidos de 80 dentes); estudo II - avaliação da capacidade de selamento da interface adesiva, às 24 h e 6 meses de envelhecimento artificial, com recurso a testes de nanoinfiltração (112 dentes); e estudo III - estudo ultramorfológico da interface adesiva, às 24 h e 6 meses, com recurso a microfotografias obtidas em FEG-SEM (48 dentes). Os dados foram submetidos a análise estatística descritiva e inferencial.

Resultados: A combinação adesivo/estratégia influenciou a resistência adesiva e a nanoinfiltração, verificando-se genericamente forças mais elevadas e maior nanoinfiltração nos grupos com estratégia de adesão ER relativamente a outros grupos SE. Enquanto que a condição de humidade da dentina não influenciou a resistência adesiva nem o grau de nanoinfiltração, o envelhecimento dos espécimes influenciou negativamente ambos. Quando aplicados na mesma estratégia adesiva, os três adesivos universais não foram estatisticamente diferentes entre si, em termos de resistência adesiva e de nanoinfiltração.

Conclusão: O desempenho adesivo dos adesivos universais é material-dependente. A aplicação *self-etch* destes adesivos parece contribuir para a estabilidade e durabilidade da interface adesiva.

Palavras chave:

Adesivos universais, estratégia de adesão, humidade da dentina, microtração, nanoinfiltração, degradação adesiva

Abstract

Purpose: To analyse *in vitro* immediate and long-term performance of universal adhesives in terms of acid etching and dentin moisture effects on dentin adhesion.

Methods: Two-hundred forty caries free extracted third molars were randomly assigned to 16 study groups, each one defined by an adhesive (Scotchbond Universal, Futurabond U, Adhese Universal, Clearfil SE Bond e Optibond SOLO Plus), an adhesive application mode [etch-and-rinse (ER) *versus* self-etch(SE)] and a dentin moisture condition (dry *versus* wet dentin). *In vitro* performance was studied in three different ways: 1) Microtensile bond strength testing (μ TBS) after 24 h, 6 and 12 months of artificial aging using a universal testing (2515 sticks obtained from 80 teeth); 2) Dentin-adhesive sealing ability after 24 h and 6 months of artificial aging using quantitative and qualitative nanoleakage FEG-SEM analysis (112 teeth); and 3) Dentin-Adhesive Interface Ultramorphological evaluation by FEG-SEM after 24 h and 6 months of artificial aging (48 teeth). Descriptive, and parametric and non-parametric inferential statistics were conducted.

Results: Adhesive/application mode influenced both adhesive bond strength and sealing ability, with generally higher μ TBS and nanoleakage in ER groups than the SE groups. While dentin moisture condition did not affect nanoleakage expression or bond strength, artificial aging had a negative effect on both. Universal adhesives had similar performances among them, when used in the same application mode.

Conclusions: Performance of universal adhesives was shown to be material-dependent. SE application mode seems to contribute to the stability and long-term durability of the universal adhesives studied, protecting adhesive-dentin interface degradation.

Keywords:

Universal adhesives, nanoleakage, microtensile bond strength; dentin moisture, etching-mode, interface degradation

Lista de Abreviaturas

Compostos químicos

AMPS - ácido sulfônico de 2-acriloamido-2-metilpropano

Bis-GMA - bisfenol-A-glicidilmetacrilato

BPDM - bifenil-dimetacrilato

D,MA - decandiol dimetacrilato

DMAE-CB - cloreto de amônia metacriloxietil-cetil-dimetil

EDTA - ácido etilenodiaminotetraacético

Fenil-P - 2-metacrililoioxietil fenil hidrogenofosfato

GPDM - dimetacrilato de ácido glicerofosfórico

HEDMA - polietileno dimetacrilato

HEMA - 2-hidroximetilmetacrilato

HMDS - hexametildisilazano

MAC-10 - 10-metacrililoioxidecil ácido malônico

MAEPA - 2,4,6 trimetilfenil 2-[4-(dihidroxifosforil)-2-oxabutil]

MCAP - polímero de ácido carboxílico metacrilato

MDP - metacriloxidecil-fosfato

10-MDP - 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato

MDPB - brometo de 12-metacrililoioxidodecilpridinium

MEP - metacrililoioxietil fenil hidrogenofosfato

4-META - 4-metacriloxietil anidro trimelítico

MMA-TBB - metil metacrilato-tri-n-butil borano

NPG-GMA - metacrilato de glicidil-N-fenilglicina

PADC - ácido modificado de oxalato ou poliglutâmico

PENTA - éster fosfórico de dipentaeritrol

TEGDMA - trietileno glicol dimetacrilato

Ter-butanol - 2-metil-2-propanol

UDMA - uretano dimetacrilato

Unidades de medida

cm H₂O - centímetros de água

h - hora

kV - quilovolts

M - molar (mol/dm³)

ml - mililitros

mm - milímetros

mm² - milímetros quadrados

MPa - megapascal

mW/cm² - miliwatts por centímetro quadrado

N - newton

nm - nanómetros

pH - potencial hidrogeniônico

s - segundos

μm - micrómetro

Símbolos

% - por cento

°C - grau Celcius

< - menor

> - maior

≤ - menor ou igual

≥ - maior ou igual

n - tamanho da amostra

p - significância estatística

Abreviaturas gerais criadas

- AU** - Adhese Universal
- CL** - Clearfil SE Bond
- FU** - Futurabond U
- OS** - Optibond SOLO plus
- SU** - Scotchbond Universal
- H** - Húmida (referindo-se à dentina húmida)
- S** - Seca (referindo-se à dentina seca)
- ER** - *Etch-and-rinse*
- SE** - *Self-etch*

SIGLAS estabelecidas

- ADA** - *American Dental Association*
- EDS** - Espetroscopia por dispersão de energia
- EUA** - Estados Unidos da América
- FEG-SEM** - *Field-emission gun scanning electron microscopy* (microscopia eletrónica de varrimento de alta resolução)
- ISO/TS** - International Organization for Standardization/Technical Specification
- MMP's** - Matriz de metaloproteinases
- SEM** - *Scanning electron microscopy* (microscopia eletrónica de varrimento)

I. Introdução Geral

O processo adesivo constitui a base de toda a dentisteria e reabilitação moderna e tem sido alvo, desde a sua origem, de sucessivas alterações.

Há 60 anos, quando Buonocore (1955) realizou pela primeira vez o condicionamento ácido do esmalte na tentativa de melhorar a adesão de uma resina acrílica a este substrato, certamente, a comunidade médica e científica não poderia prever que o avanço conseguido iria alcançar resultados restauradores e estéticos tão rápidos e satisfatórios nos anos atuais.

Desde esse momento histórico, fabricantes e investigadores mantêm um trabalho contínuo no que diz respeito ao desenvolvimento de adesivos dentários e à melhoria das técnicas restauradoras, dado que a qualidade e a durabilidade da interface entre os sistemas adesivos e a estrutura dentária é, hoje em dia, a chave do sucesso da dentisteria restauradora.

1 ADESÃO À ESTRUTURA DENTÁRIA

1.1 ADESÃO: Conceito

A adesão define-se como a união entre duas estruturas diferentes, quando estas são colocadas em contacto íntimo mediante forças intermoleculares, assim como, por retenção mecânica ou por interposição de outro material (Blunck, 2000).

O objetivo fundamental da maioria dos procedimentos restauradores é aderir um material à estrutura dentária pela interposição de um material adesivo que irá preencher as irregularidades das superfícies e permitir essa união (Blunck, 2000). Estes materiais adesivos consistem em misturas de monómeros resinosos hidrofílicos e hidrofóbicos de diferentes pesos moleculares, e solventes (Perdigão, 2007).

A capacidade dos adesivos, de unir o material restaurador à estrutura dentária, dependerá da sua capacidade de estabelecer um contacto íntimo entre as superfícies a unir, isto é, da sua molhabilidade (Blunck, 2000). A molhabilidade

de um substrato por um líquido é geralmente caracterizada pela medida do ângulo de contacto entre uma gota do líquido e a superfície do sólido. Quanto mais o líquido se espalhar pela superfície, mais próximo do zero será o ângulo de contacto e melhor será a molhabilidade. Para que o adesivo estabeleça um íntimo contacto com o substrato é necessário que este apresente uma elevada energia de superfície. A contaminação do substrato por fluidos como a saliva ao diminuir a sua energia de superfície, compromete a sua molhabilidade (Almeida e Silva *et al.*, 2011; Perdigão, 2007; Perdigão *et al.*, 2007).

O esmalte e a dentina são substratos extremamente diferentes e essas diferenças condicionam fortemente os protocolos de adesão. Apesar do âmbito deste trabalho dizer respeito à dentina enquanto substrato adesivo, importa referir algumas características do esmalte que fazem dele o substrato ideal para a adesão.

1.2 ADESÃO AO ESMALTE

O esmalte é o tecido mais mineralizado do corpo humano. É constituído, em peso, por aproximadamente 95% de conteúdo mineral, 4% de água e 1% de matriz orgânica (Avery, 2001). A maior parte do seu volume mineral é composto por cristais de hidroxiapatite (forma cristalina do fosfato de cálcio), dispostos num padrão altamente organizado - os prismas de esmalte. Entre os prismas encontra-se uma fina rede de material orgânico e inorgânico.

Buonocore propôs que a aplicação de ácido sobre o esmalte, técnica conhecida atualmente como "*the acid-etch technique*" (Swift *et al.*, 1995a), tornava a superfície mais recetiva para a adesão. Quando um ácido é aplicado sobre a superfície do esmalte, a sua superfície relativamente lisa é transformada numa superfície irregular com microporosidades de aproximadamente 5 a 50 µm de profundidade, decorrentes da remoção dos cristais prismáticos e interprismáticos (Lopes *et al.*, 2002; Swift *et al.*, 1995a). Por outro lado, a energia de superfície eleva-se (Nakabayashi e Pashley, 1998; Nunes *et al.*, 2001a; Perdigão e Lopes, 2001) facilitando o molhamento do substrato. A aplicação de uma resina fluida ou adesivo sobre esta superfície

leva a que os monómeros fluam nas irregularidades, por atração capilar e copolimerizem entre si, estabelecendo uma adesão micromecânica pela formação de pequenos prolongamentos resinosos, também denominados de prolongamentos de resina ou *resin tags*.

A formação dos prolongamentos de resina para o interior das porosidades é o mecanismo mais aceite para explicar a união dos materiais restauradores resinosos ao esmalte (Nakabayashi e Pashley, 1998). Todavia, ligações químicas à hidroxiapatite foram também já descritas como um importante mecanismo de adesão (Stangel *et al.*, 2007).

Ainda que a adesão ao esmalte seja uma técnica reprodutível e fiável, a adesão à dentina representa, ainda hoje, um grande desafio para o clínico. Enquanto que o esmalte apresenta um conteúdo sobretudo mineral, a dentina contém uma grande percentagem de água e matéria orgânica, que faz dela um tecido intrinsecamente húmido e, por conseguinte, um substrato de difícil adesão.

1.3 ADESÃO À DENTINA

1.3.1 Substrato dentinário

A dentina é um tecido biológico bastante complexo. É uma estrutura muito heterogénea, constituída por uma matriz de colagénio preenchida por cristalitos de hidroxiapatite - dentina intertubular - dispersa entre cilindros ocos, paralelos entre si, rodeados por paredes hipermineralizadas, pobres em colagénio - os túbulos dentinários com dentina peritubular (Marshall *et al.*, 1997).

A dentina contém, em peso, 70% de matéria inorgânica, 18% de matéria orgânica e 12% de água (Latta e Barkmeier, 1998). Em volume, a dentina possui cerca de 50% de conteúdo mineral, 30% de matriz orgânica e 20% de água (LeGeros, 1991; Marshall, 1993; Marshall *et al.*, 1997; Nakabayashi e Pashley, 1998).

A porção mineral da dentina constitui-se principalmente de cristais de hidroxiapatite, alguns fosfatos de cálcio amorfos, sais inorgânicos como carbonatos e sulfatos, bem como elementos químicos como o fósforo, o cobre, o zinco e o ferro. A porção orgânica consiste principalmente em colagénio tipo I, que representa cerca de 93% de todo material orgânico (Linde, 1985). Distribuídas ao longo das fibras colagénias, existem proteínas não-colagénias, constituindo cerca de 7% do conteúdo proteico da matriz dentinária, tais como a fosforina, a sialoproteína dentinária e os proteoglicanos (Cribb e Scott, 1995). Estes últimos contêm glicosaminoglicanos, que são conhecidos por se unirem à água e a catiões.

As moléculas de colagénio, tão abundantes na dentina, consistem em três cadeias polipeptídeas distribuídas numa estrutura helicoidal por forma a conferir rigidez à molécula. Parte da estrutura helicoidal é estabilizada por pontes de hidrogénio entre os constituintes aminoácidos (pontes intramoleculares de hidrogénio). Depois das moléculas de colagénio se reorganizarem num grande e organizado agregado, estabelecem-se ligações cruzadas entre elas, dando origem às microfibrilhas (ligação intermolecular) (Rivera e Yamauchi, 1993). Estas, por sua vez, unem-se para formar as fibrilhas de colagénio.

A composição da dentina pode variar em função da sua profundidade e da sua localização ou mesmo entre dentes (Panighi e G'Sell, 1993).

A dentina superficial tem poucos túbulos dentinários e é composta, na sua grande maioria, por dentina intertubular, menos mineralizada e mais fibrosa (Garberoglio e Brannstrom, 1976). A dentina profunda, próxima da polpa, é composta principalmente por túbulos dentinários maiores e com menos dentina intertubular. A área ocupada pela dentina intertubular decresce de 96% na junção amelodentinária para 12% junto à polpa (Garberoglio e Brannstrom, 1976). Desta forma, a quantidade de colagénio, por volume, diminui da dentina superficial para a dentina profunda (Levine, 1971). O conteúdo mineral, por seu lado, parece ser, em média, relativamente constante em função da profundidade dentinária. Isto provavelmente acontece porque a quantidade de

dentina peritubular hipermineralizada aumenta na mesma proporção da diminuição da dentina intertubular.

No que diz respeito ao seu calibre, os túbulos apresentam um diâmetro de cerca de 0,63 μm na área periférica e de cerca de 2,37 μm perto da polpa (Marchetti *et al.*, 1992). O número de túbulos, por unidade de área relativa, sofre uma diminuição de 45 000 túbulos por mm^2 na proximidade da polpa para 20 000 túbulos por mm^2 na junção amelodentinária. Significa que a rede tubular ocupa cerca de 1% da área de superfície da dentina superficial e mais de 22% da área perto da polpa (Garberoglio e Brannstrom, 1976; Pashley, 1989; 1996).

Os túbulos dentinários, formados pelas células produtoras de dentina, apresentam uma parede regular e muitas ramificações e anastomoses, denominadas de canalículos dentinários, que os unem aos túbulos vizinhos, e são preenchidos por fluido dentinário e prolongamentos odontoblásticos, que representam as extensões citoplasmáticas dos odontoblastos, que comunicam com a polpa. O fluido dentinário constitui cerca de 95% do conteúdo total de água da dentina, o que faz deste tecido dentário, um substrato naturalmente húmido (Linde, 1985).

Para além da variabilidade relacionada com a profundidade e localização, a dentina pode ser modificada por processos secundários ao trauma, à cárie ou ao próprio processo de envelhecimento.

A presença de cárie leva os odontoblastos a formar uma barreira de dentina terciária que afasta a polpa da agressão. Ao contrário da dentina secundária que é fisiológica e formada por todo o período vivo do dente, a formação de dentina terciária é formada apenas como reação à lesão e, por norma, deposita-se na parede da câmara pulpar correspondente à área afetada pela cárie.

A dentina terciária pode ser dividida em dentina reacional e dentina reparadora. A dentina reacional, secundária a lesões ligeiras como o fenómeno de atrição, tem frequentemente uma continuidade tubular com a dentina secundária fisiológica, é segregada por odontoblastos primários e é normalmente acompanhada por uma deposição de minerais no interior dos túbulos, que

diminui ou oclui o seu diâmetro (Murray *et al.*, 2002a), tornando a dentina mais esclerótica do que a dentina normal (Duke e Lindemuth, 1991).

A dentina reparadora é normalmente secundária a lesões mais agressivas, como a cárie. Este tipo de agressões lesa os odontoblastos primários e condiciona a formação de células semelhantes às células odontoblásticas, chamadas de células odontoblastoides (Murray *et al.*, 2002a; Smith *et al.*, 1995), que depositam este tipo de dentina terciária, junto à polpa perto da região afetada pela cárie, para garantir um afastamento da lesão (Murray *et al.*, 2002a). No entanto, na presença de cárie, o complexo pulpar reage também com dentina reacional de modo a bloquear ou reduzir o diâmetro dos túbulos com dentina esclerótica, minimizando a permeabilidade a bactérias e seus produtos tóxicos em direção à polpa (Stanley *et al.*, 1983).

Estes estímulos externos produzem alterações na composição dentinária que podem ter implicações importantes na adesão e na durabilidade das forças adesivas (Marshall *et al.*, 1997), uma vez que exercem influência sobre a permeabilidade da dentina (Pashley e Carvalho, 1997) e tornam crítico o processo adesivo (Pashley, 1989; Soderholm, 1991), por diminuir a penetração da resina (Gwinnett e Jendresen, 1978).

O envelhecimento do substrato é outro dos fatores que pode reduzir a permeabilidade da dentina e interferir de forma negativa na adesão a esse substrato. O constante depósito de dentina secundária, de cerca de 6,5 µm por ano, durante o envelhecimento dentário, torna a dentina coronária mais espessa (Murray *et al.*, 2002b). Por outro lado, existe uma maior probabilidade de encontrar em dentes mais idosos algumas das alterações descritas anteriormente no que diz respeito à resposta a lesões de atrição ou cárie. A dentina, para além de mais espessa, encontra-se frequentemente mais esclerótica, mais friável e menos permeável (Burrow *et al.*, 1994; Nakajima *et al.*, 1995; Pashley *et al.*, 1992; Perdigão *et al.*, 1994). Com o envelhecimento do substrato dentinário, forma-se ainda um outro tipo de dentina esclerótica, diferente e independente da dentina esclerótica secundária ao trauma. Esta dentina esclerótica fisiológica ou transparente, começa a formar-se na dentina

mais apical, junto ao cimento e estende-se coronalmente, aumentando linearmente com a idade (Vasiliadis *et al.*, 1983). Ainda assim, segundo alguns autores, alterações cronológicas na dentina, por si só não parecem condicionar as forças de adesão (Perdigão, 2010; Perdigão *et al.*, 2013b). Tagami *et al.* (1993) compararam as forças de adesão de quatro agentes dentinários utilizando pré-molares de pacientes entre os 9 e 21 anos e pré-molares de pacientes com 42 a 64 anos e também não encontraram diferenças nas forças de adesão.

1.3.2 *Smear layer* na dentina

A *smear layer* diz respeito aos resíduos que se depositam sobre a superfície dentária quando estes tecidos são instrumentados, aquando da preparação cavitária (Bowen *et al.*, 1984). É uma camada amorfa, não estruturada, de espessura variável (0,5 a 5 μm), composta basicamente por hidroxiapatite e colagénio desnaturado alterado, saliva e bactérias (Bowen *et al.*, 1984; Brannstrom, 1984; Eick *et al.*, 1970; Gwinnett, 1984; Pashley, 1984). A sua composição varia com a profundidade da cavidade, o que reflete a composição da dentina nas diferentes áreas. A morfologia da *smear layer* é determinada, de certa forma, pelo tipo de instrumento que a criou e pelo local da dentina onde é formada (Pashley, 1992).

A *smear layer* para além de se depositar entre as fibras colagénias, oclui também os túbulos dentinários, formando os *smear plugs* que reduzem a permeabilidade dentinária em cerca de 86% e podem dificultar a adesão à dentina (Marshall *et al.*, 1997; Pashley *et al.*, 1978a; Tay *et al.*, 2004b). Muito embora, a diminuição da permeabilidade tubular apresente alguns aspetos positivos, como a redução da sensibilidade pós-operatória associada ao processo adesivo, a redução do efluxo de fluido da polpa e a redução da penetração bacteriana nos túbulos; a obstrução dos túbulos não é total e a *smear layer* é porosa e penetrada por canais submicrométricos, que permitem a passagem de fluidos dentinários por entre eles (Pashley, 1992) e a sua posterior dissolução ou possível contaminação.

A *smear layer* apresenta uma fraca ligação à dentina subjacente, com forças de resistência adesiva na ordem dos 5 MPa (Marshall, 1993) e atua como uma barreira que impede que qualquer material restaurador entre em contacto direto com o substrato dentinário e se ligue de forma eficiente, o que pode comprometer a adesão.

Para que esta camada de resíduos seja ultrapassada e para que o material restaurador se ligue à dentina é necessário remover ou alterar a *smear layer* e desmineralizar a camada mais superficial daquele substrato, por ação de um agente ácido ou de monómeros acídicos, respetivamente.

Os agentes ácidos ou acídicos em contacto com a dentina, promovem a sua desmineralização, em profundidades e extensões variáveis, e expõem a rica rede de fibras de colagénio que outrora estava totalmente recoberta por hidroxiapatite.

A interdifusão e polimerização *in situ* dos monómeros de resina adesiva, colocada subsequentemente na rede de colagénio exposta culminará na sua microrretenção mecânica na dentina (Jacobsen e Söderholm, 1995; Kanca, 1992b) e constituirá a bem documentada camada híbrida.

1.3.3 Camada híbrida

A camada híbrida ou também designada por zona de interdifusão (Nakabayashi *et al.*, 1991; Van Meerbeek *et al.*, 1993a) ou camada de dentina modificada (Kato e Nakabayashi, 1996), foi descrita pela primeira vez em 1982 por Nakabayashi (Nakabayashi *et al.*, 1982). No entanto, só dez anos após a sua descoberta, o conceito foi amplamente aceite.

Consiste numa estrutura mista onde as fibras de colagénio se encontram envolvidas por resina e cristais de hidroxiapatite residuais (Van Meerbeek *et al.*, 1993a), sendo considerada por Maciel *et al.* (1996) e Sano *et al.* (1995b) um entrelaçado entre polímeros biológicos e polímeros artificiais. A proximidade entre os monómeros adesivos resinosos e as fibras colagénias é dependente da hidrofília dos monómeros, que condiciona a sua solubilidade na

água, e da forma como os solventes da mistura adesiva interagem com o colagénio (Maciel *et al.*, 1996; Sano *et al.*, 1995b).

A camada híbrida forma-se na dentina intertubular e peritubular desmineralizadas, é normalmente atravessada por prolongamentos de resina que se estendem para o interior dos túbulos dentários e contribui de forma substancial para as forças de adesão à dentina (Gwinnett, 1993), daí que seja considerada o principal mecanismo de adesão a esse substrato (Eick *et al.*, 1992; Eick *et al.*, 1993a; Eick *et al.*, 1993b; Erickson, 1992; Gwinnett e Kanca, 1992; Van Meerbeek *et al.*, 1992; Van Meerbeek *et al.*, 1993a; Van Meerbeek *et al.*, 1993b). Os prolongamentos de resina que a atravessam, parecem ser capazes de selar os túbulos, prevenindo a irritação pulpar (Van Meerbeek *et al.*, 1992), diminuindo a sensibilidade pós-operatória (Carrillo, 2006) e reduzindo a infiltração de bactérias e dos seus subprodutos e enzimas (Titley *et al.*, 1995).

É controverso se os prolongamentos de resina contribuem de alguma forma para a retenção da resina dado que, embora representem a menor fração da dentina superficial selada pela resina, acabam por representar uma porção importante da superfície de união da dentina próxima da câmara pulpar. Segundo Nakabayashi e Pashley (1998), os prolongamentos poliméricos podem contribuir para a retenção da resina se eles estiverem firmemente unidos às paredes dos túbulos, isto é, hibridizados às suas paredes. Todavia, Pashley (1990) mostrou que as forças de adesão diminuem quando os adesivos são aplicados em dentina profunda onde a dentina intertubular ocupa menos área para adesão e existe um maior número de túbulos dentinários, corroborando a teoria de que a camada híbrida é a grande responsável pela estabilidade das forças de adesão.

A camada híbrida pode ainda funcionar como um amortecedor elástico que compensa a contração de polimerização das restaurações compostas (Van Meerbeek *et al.*, 1993a) e parece apresentar propriedades mecânicas melhores que as da dentina desmineralizada embora piores do que as da dentina mineralizada (Maciel *et al.*, 1996; Sano *et al.*, 1995b).

2 SISTEMAS ADESIVOS DENTINÁRIOS

2.1 EVOLUÇÃO E CLASSIFICAÇÃO CRONOLÓGICA

O estudo dos adesivos dentinários teve início em 1949, quando Oskar Hagger, um químico suíço a trabalhar para a “*Amalgamated Dental Company*” em Inglaterra, desenvolveu o dimetacrilato de ácido glicerofosfórico (GPDM), que mais tarde se viria a verificar poder aderir a uma superfície de dentina condicionada com ácido hidrocloreídrico (Buonocore *et al.*, 1956). O GPDM foi comercializado num produto denominado *Servitron Cavity Seal* e consistia em monómeros acídicos capazes de desmineralizar e interagir a nível molecular com a estrutura dentária, formando ligações físicas e químicas entre a restauração e o dente. Esta foi a primeira descrição da interação entre material restaurador e dentina, apesar de só muitos anos mais tarde se ter descrito o conceito de camada híbrida.

Em 1955, Buonocore impulsionado pelo facto de que o ácido fosfórico melhorava a adesão das tintas e revestimentos acrílicos a superfícies metálicas, preconizou a aplicação de ácido fosfórico a 85%, durante 30 segundos (s), para aderir materiais acrílicos ao esmalte. Percebeu que essa aplicação aumentava a energia livre de superfície do esmalte e tornava-o mais recetivo para a adesão, uma vez que aumentaria a sua molhabilidade e a sua área de superfície.

O sucesso obtido com o condicionamento ácido do esmalte fez com que o mesmo procedimento fosse tentado na dentina. Buonocore *et al.* (1956) utilizaram dentes extraídos e trabalharam sobre superfícies planas de dentina. Aplicaram uma solução de ácido clorídrico a 7% por um minuto (min) e, em seguida, a resina. Verificaram que os valores de resistência à tração foram praticamente duplicados, sugerindo que a adesão se devesse à combinação química entre um dos constituintes da resina e a matriz orgânica da dentina. No entanto, esta tentativa não obteve sucesso pois os monómeros disponíveis

naquela época eram hidrofóbicos e não conseguiam um molhamento adequado do substrato dentinário. Não se conhecia ainda a dentina como substrato adesivo (Buonocore *et al.*, 1956).

Desde os trabalhos de Buonocore, a adesão ao esmalte tem permanecido simples e previsível (Kugel e Ferrari, 2000b) essencialmente devido à sua constituição: um substrato formado essencialmente por hidroxiapatite e organizado em prismas. Talvez por este motivo, as técnicas de adesão ao esmalte não tenham sofrido grandes alterações ao longo dos anos.

Em contrapartida, o substrato dentinário tem-se mostrado muito desafiante enquanto substrato para adesão. A orientação e densidade tubular da dentina, o seu conteúdo predominantemente orgânico, o efluxo de fluído pulpar (Swift *et al.*, 1995), a subsequente hidratação da dentina e a própria presença de *smear layer* (Pashley *et al.*, 1978) fazem da dentina um substrato de difícil adesão. Deste modo, o esforço dos investigadores no sentido de alcançar um adesivo capaz de aderir de forma fiável e duradoura à dentina, conduziu à introdução progressiva no mercado de inúmeros materiais adesivos distintos, bem como de várias modificações da técnica adesiva preconizada.

Os adesivos podem ser agrupados cronologicamente, de acordo com o número de passos ou frascos necessários ao processo adesivo, de acordo com a natureza química da sua solução ou de acordo com a forma como interagem com a *smear layer*.

Serão aqui abordadas duas dessas sistematizações: a classificação dos adesivos pela sua evolução cronológica ou gerações, por forma a acompanhar o desenvolvimento dos sistemas; e a classificação dos adesivos tendo em conta a forma como interagem com a *smear layer* associada ao número de passos necessário para concretizar o processo adesivo, que constitui a forma mais objetiva e atualizada de os classificar.

2.1.1 Adesivos de primeira geração

A primeira geração de adesivos foi marcada, na década de 60, pelo desenvolvimento do metacrilato de glicidil-N-fenilglicina (NPG-GMA), por Bowen (1965). Esta molécula veio a constituir a base do primeiro adesivo dentinário comercializado - Cervident (SS White, Lakewood, NJ, EUA) - e acreditava-se que apresentava uma atividade de superfície bifuncional, pois uma das extremidades ligava-se à dentina por quelação com os íons de cálcio e a outra polimerizava com a resina composta (Bowen, 1965; Perdigão e Ritter, 2001).

Os adesivos desta geração não preconizavam o condicionamento ácido da dentina, baseavam-se na adesão direta à *smear layer* (Swift *et al.*, 1995a). As baixas forças adesivas à *smear layer*, entre os 2 MPa (Buonocore, 1973; Retief e Denys, 1989) e os 5 MPa (Asmussen e Munksgaard, 1988; Eick *et al.*, 1991) mostravam-se clinicamente insuficientes (Asmussen e Munksgaard, 1988). As forças adesivas eram incapazes de resistir às tensões de contração de polimerização e ao elevado coeficiente de expansão térmica das resinas acrílicas restauradoras usadas nesse período, pelo que era comum encontrar restaurações com infiltração marginal e mesmo falhas adesivas alguns meses após restauração (Buonocore, 1973; Kugel e Ferrari, 2000a; Norling, 2003). Os adesivos desta geração eram ainda instáveis em água, sofrendo hidrólise intraoral (Buonocore, 1973; Kugel e Ferrari, 2000b; Norling, 2003). Mais tarde, foi mesmo constatado que não existiriam quaisquer ligações entre a molécula de NPG-GMA e a hidroxiapatite (Perdigão e Ritter, 2001; Wolinsky *et al.*, 1993).

O desenvolvimento de uma técnica confiável para obter uma adesão estável e forte à dentina estava muito longe de ser obtida com os materiais e técnicas desta geração (Carrillo, 2006).

2.1.2 Adesivos de segunda geração

Os adesivos de segunda geração foram introduzidos no Japão, no final da década de 70. São exemplo desta geração de adesivos o adesivo Clearfil Bond System F (Kuraray Noritake Dental Corporation, Tóquio, Japão) e o

Scotchbond (3M ESPE, Dental Products Division, St. Paul, MN, EUA) que consistiam em ésteres de fosfato derivados do metacrilato, como são exemplo o bisfenol-A-glicidilmetacrilato (Bis-GMA) e o hidroxietilmetacrilato (HEMA) em solvente etanol. O seu mecanismo de ação era baseado numa interação iônica entre os grupos fosfato negativos das resinas e os íons cálcio positivos da *smear layer*. Estes monómeros, tal como na geração anterior, aderiam à *smear layer* mas não à dentina subjacente (Perdigão e Ritter, 2001).

A análise das superfícies de falha após fratura ocorrida em testes de resistência adesiva de espécimes fabricados com este tipo de sistemas adesivos, permitiu verificar, através de microscopia eletrónica de varrimento (scanning electron microscopy - SEM), que os dois lados se encontravam cobertos por *smear layer*. Assim, a força de adesão medida, era na realidade a resistência coesiva desta camada. Desta forma, percebeu-se que, para atingir valores de adesão mais elevados era fundamental remover ou modificar a *smear layer* porque estes adesivos não conseguiam penetrá-la (Eick *et al.*, 1970; Eick *et al.*, 1991; Watanabe *et al.*, 1990; Watanabe e Nakabayashi, 1993) comprometendo a interação do adesivo com a dentina subjacente (Eick *et al.*, 1991).

Apesar de tudo, os adesivos de segunda geração pareciam ter um bom desempenho laboratorial, como foi demonstrado quando o adesivo Scotchbond (3M, ESPE) foi aplicado sobre dentina hipermineralizada (Causton, 1984). No entanto, após seis meses de armazenamento, os materiais perdiam a sua retenção e eram removidos da superfície da dentina (Tyas *et al.*, 1989; Van Meerbeek *et al.*, 1994). A contração de polimerização levava à separação adesiva entre a dentina e a resina composta, levando ao aparecimento de fendas que permitiam a microinfiltração (Barkmeier *et al.*, 1986). Clinicamente, as restaurações eram perdidas em 1 a 3 anos (Heymann *et al.*, 1988; Tyas, 1991).

2.1.3 Adesivos de terceira geração

Estes adesivos surgem na década de 80 e, pela primeira vez, preconizam o condicionamento ácido da dentina com ácidos fracos, como o ácido maleico, o ácido nítrico, o ácido cítrico, o ácido fosfórico em baixas concentrações, o ácido oxálico ou mesmo agentes quelantes, como o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA), com o objetivo de modificar ou remover parcialmente a *smear layer* (Eliades, 1994). De seguida, era preconizada a aplicação separada de um *primer* capaz de penetrar os túbulos dentinários, antes da aplicação de uma resina, por norma, sem carga (Norling, 2003; Retief, 1991).

Em 1982, Nakabayashi e colaboradores utilizaram o cloreto férrico a 3% em ácido cítrico a 10%, a chamada solução 10-3, para remover a *smear layer* e desmineralizar a dentina. A combinação desta solução ácida com uma resina de 4-metacriloxietil anidro trimelítico (4-META) e metil metacrilato-tri-n-butil borano (MMA-TBB), tornou-se no primeiro mecanismo de adesão dentinária. O ácido cítrico atuaria sobre a *smear layer* e sobre a dentina, enquanto que, o cloreto férrico preveniria o colapso da matriz desmineralizada (o cloreto férrico adsorve na dentina desmineralizada, promovendo ligações entre péptidos que são assim imobilizados e previnem o colapso quando secos com ar) permitindo assim a difusão da mistura monomérica de MMA-TBB. Todavia, o monómero metil metacrilato era visto como citotóxico para a polpa, porque tentativas anteriores em usá-lo como material restaurador direto (Servitron, The Amalgamated Dental Corporation, Ltd) causaram irritação pulpar. Sabe-se agora que as reações pulpares eram, em geral, o resultado da invasão bacteriana de grandes fendas criadas ao redor dessas restaurações, porque os adesivos de então aplicados diretamente à *smear layer*, apresentavam baixa força de união.

O primeiro adesivo desta geração foi o Clearfil™ New Bond (Kuraray Noritake Dental Corporation, Tóquio, Japão), introduzido em 1984 (Loria *et al.*, 1984). Este adesivo continha na sua composição HEMA e o monómero 10-metacriloxidecil fosfato di-hidrogénio (10-MDP).

Estes sistemas apresentavam forças de resistência adesiva à dentina maiores do que os adesivos das gerações anteriores (12 MPa - 15 MPa) e diminuía as falhas na interface dentinária. Clinicamente, atingiam índices de retenção superiores aos seus predecessores (Duke *et al.*, 1991; Hansen, 1989). Todavia, os seus desempenhos eram, ainda, imprevisíveis (Barkmeier e Cooley, 1989; Chappell e Eick, 1994; Dickinson *et al.*, 1991; Prati *et al.*, 1990).

2.1.4 Adesivos de quarta geração

Esta geração de adesivos surge no início dos anos 90 e mantém-se em utilização até aos tempos atuais, tendo revolucionado por completo a dentisteria adesiva. Os sistemas adesivos desta geração são baseados na técnica de condicionamento total inicialmente proposta por Fusayama em 1979.

Naquela época, os investigadores não sabiam que a dentina desmineralizada podia colapsar quando era seca com ar (Carvalho *et al.*, 1996a; Carvalho *et al.*, 1996b). As primeiras instruções eram para condicionar a cavidade com ácido, lavar com água e secar com ar, procedimentos agora conhecidos como causadores de colapso da rede de fibras colagénias não suportadas, com a consequente incompleta infiltração por parte dos monómeros de resina (Kanca, 1992b).

Por forma a ultrapassar estas limitações e após a descoberta de que a água reexpandia a dentina colapsada, Kanca, em 1992, recomendou a chamada técnica de adesão húmida ou *wet-bonding technique*. Esta técnica adesiva é considerada um marco dos adesivos de quarta geração e é atualmente aceite e utilizada (Kanca, 1992b).

Os adesivos de quarta geração são os conhecidos sistemas de três passos. São constituídos por um ácido, um *primer* hidrofílico e uma resina hidrofóbica, apresentados normalmente numa seringa e em dois frascos.

As forças adesivas encontradas com estes adesivos, na ordem de grandeza dos valores encontrados para o esmalte (17 a 25 MPa), a par com o

desenvolvimento tecnológico dos compósitos, permitiu a realização de restaurações estéticas, mesmo para dentes posteriores, em detrimento das restaurações metálicas (Fortin *et al.*, 1994; Holtan *et al.*, 1994; Linden e Swift, 1994).

São exemplos de adesivos desta geração, o adesivo All-Bond 2 (Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA), o adesivo OptiBond FL (Kerr Corporation, Orange, CA, USA) e o adesivo Adper Scotchbond MultipurposeTM (3M ESPE, Dental Products Division, St. Paul, MN, EUA).

Apesar das elevadas forças adesivas e da reduzida infiltração marginal característica destes sistemas, comparativamente a sistemas de gerações anteriores, os clínicos reclamavam sistemas adesivos de aplicação mais simples e também sistemas que não fossem tão sensíveis, em termos de desempenho adesivo, à variabilidade relacionada com o procedimento de hidratação da dentina.

2.1.5 Adesivos de quinta geração

Os adesivos de quinta geração surgiram, ainda na década de 90, com o objetivo de simplificar a técnica adesiva, reduzir o número de passos clínicos e minimizar a introdução de erros associados à técnica dos sistemas adesivos de gerações anteriores (Kaaden *et al.*, 2002; Kugel e Ferrari, 2000a; Tay e Pashley, 2002; Van Meerbeek *et al.*, 1998a).

Os adesivos Excite (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), OptiBond SOLO PlusTM (Kerr Corporation, Orange, CA, Itália), Prime and Bond NT (Dentsply Caulk, Milford, DE, USA) e o adesivo Adper Scotchbond 1 XTTM (3M ESPE, Dental Products Division, St. Paul, MN, EUA) são produtos desta categoria adesiva.

Estes adesivos conhecidos por adesivos de dois passos (Soares *et al.*, 2005a), *one-bottle* ou *total-etch single bottle*, passaram a associar os componentes do adesivo e do *primer* no mesmo frasco, mas assentam num conceito de adesão semelhante ao da geração anterior. Algumas dificuldades associadas à técnica

continuavam patentes, tal como a manutenção da humidade da dentina necessária para o processo adesivo e o facto de requererem a aplicação de múltiplas camadas de adesivo para obter uma adesão elevada ao esmalte e à dentina (Chasqueira *et al.*, 2013; Dalton Bittencourt *et al.*, 2005; Latta e Barkmeier, 1998).

No entanto, os passos clínicos foram reduzidos e consequentemente também a probabilidade de introdução de erros.

A tentativa de simplificar ainda mais a técnica adesiva e sobretudo de corrigir alguns dos aspetos negativos apontados aos adesivos *etch-and-rinse*, levou a que, ainda no final da década de 90 aparecessem no mercado os chamados adesivos de sexta geração.

2.1.6 Adesivos de sexta geração

Nos adesivos de sexta geração, o condicionamento ácido da dentina, de forma independente, foi eliminado.

Estes adesivos também denominados de adesivos autocondicionantes ou adesivos *self-etching* reúnem na mesma solução o componente ácido e o *primer*. No entanto, tendem a ser menos ácidos que o ácido fosfórico, uma vez que são compostos por misturas de monómeros aquosos ácidos, geralmente ésteres de ácido fosfórico e apresentam uma capacidade de condicionamento menor do que o gel de ácido fosfórico (Perdigão *et al.*, 2005a). O tratamento ácido da dentina é autolimitado e os subprodutos do condicionamento são incorporados de forma permanente na interface adesiva, mais precisamente na *smear layer*, uma vez que não são lavados. Após aplicação do *primer* ácido, é aplicada sobre a dentina uma resina adesiva hidrofóbica. O adesivo Clearfil SE Bond (Kuraray Noritake Dental Corporation, Tóquio, Japão) é um exemplo desta classe de adesivos.

Ainda durante esta geração foram criados adesivos que preconizavam a mistura do *primer* ácido e da resina adesiva antes da sua aplicação no esmalte e na dentina, como é exemplo o adesivo AdperTM PromptTM L-PopTM

(3M ESPE Dental Products Division, St. Paul, MN, EUA), por forma a simplificar a técnica adesiva.

Denotava-se já nesta geração, a vontade de juntar todos os componentes num só frasco, o que viria a acontecer com o aparecimento, em 2002, dos adesivos de sétima geração.

2.1.7 Adesivos de sétima geração

Os adesivos de sétima geração ou também denominados de “*all-in-one*”, são sistemas monofrasco, autocondicionantes, que combinam o ácido, o *primer* e o adesivo numa só solução (Miller, 2002).

São sistemas de um só passo, embora a maioria requeira a aplicação de mais do que uma camada de adesivo por forma a aumentar a sua eficácia adesiva (Chasqueira *et al.*, 2013; Cheng *et al.*, 2005).

O adesivo iBOND (Heraeus Kulzer, GmbH, Reino Unido), OptiBond All-In-One (Kerr Corporation, Orange, CA, EUA), G-Bond™ (GC Corporation, Tóquio, Japão) representam esta geração de adesivos.

Os adesivos “*all-in-one*” são práticos e a maioria dos sistemas apresenta-se num frasco único ou em unidoses.

Esta categoria de adesivos é mais acidificada que as categorias anteriores. Apresenta um pH inferior a 1 e por isso uma ação de condicionamento mais agressiva e próxima do ácido fosfórico (Ibarra *et al.*, 2006; Moszner *et al.*, 2005; Stangel *et al.*, 2007).

Os adesivos de sétima geração eliminam as dificuldades inerentes ao condicionamento ácido, diminuem a sensibilidade à humidade da dentina, facilitam o procedimento de misturas dos componentes e convenceram alguns clínicos a abandonar adesivos de gerações anteriores.

A classificação dos adesivos de acordo com gerações retrata apenas a sua evolução histórica necessitando de atualizações permanentes à medida que

surtem novos adesivos no mercado. Os produtos de primeira, segunda e terceira geração já não são atualmente comercializados e os adesivos mais recentes nem sempre apresentam vantagens e melhor desempenho face às gerações anteriores. Na realidade, os sistemas de quarta geração são ainda os que asseguram a adesão ao esmalte mais estável, previsível, consistente e eficaz, representando o *gold standard* dos adesivos contemporâneos.

Apesar de universalmente aceite, esta classificação tem vindo a ser substituída.

2.2 CLASSIFICAÇÃO ATUAL

Atualmente, os adesivos são classificados de acordo com a forma como interagem com a estrutura dentária, mais precisamente com a *smear layer*, em sistemas *etch-and-rinse* e sistemas *self-etch* (Perdigão, 2002; Van Meerbeek *et al.*, 2003b) e pelo número de etapas necessárias para o processo adesivo, em adesivos de três passos, dois passos ou um passo.

2.2.1 Sistemas adesivos *etch-and-rinse*

Os sistemas *etch-and-rinse*, requerem uma etapa prévia de condicionamento da dentina com ácido por forma a remover a *smear layer* que se depositou sobre a estrutura dentária após a preparação cavitária.

A aplicação de ácido na dentina foi introduzida por Fusayama, em 1979, com a chamada técnica de *total-etch*, ou seja, de condicionamento total e simultâneo do esmalte e da dentina (Fusayama *et al.*, 1979; Moll e Haller, 2000). O procedimento funcionou muito bem no Japão, onde os clínicos foram ensinados por Fusayama a escavar somente até à dentina afetada pela cárie, geralmente esclerótica e quase impermeável (Tagami *et al.*, 1992), sem estender os limites da cavidade até à dentina normal. No entanto, quando se estendiam os preparos cavitários além da cárie até à dentina normal, relativamente permeável, ocorria uma irritação pulpar inflamatória que se

julgava ser da responsabilidade da ação do ácido sobre a polpa (Nakabayashi e Pashley, 1998) e que desencorajou a sua aplicação na Europa e nos Estados Unidos da América. O pré-condicionamento ácido era apenas recomendado para o esmalte, no que se denomina a técnica de condicionamento seletivo do esmalte (Moll e Haller, 2000; Swift *et al.*, 1995a). Só quando se demonstrou que, as reações pulpare crônicas eram provavelmente causadas pela falta de selamento das restaurações e, portanto, pela invasão microbiana e libertação dos seus produtos, e não pelos efeitos dos ácidos sobre a polpa (Pashley, 1992), é que o conceito de condicionamento total foi aceite, anos mais tarde, tornando-se a partir dos anos 90 prática corrente (Swift *et al.*, 1995a).

A aplicação de ácido sobre a dentina, ao remover a *smear layer* e os *smear plugs*, expõe a entrada dos túbulos dentinários e promove uma desmineralização da camada mais superficial de dentina, expondo as fibras de colagénio (Pashley *et al.*, 2011b; Perdigão *et al.*, 2007; Van Landuyt *et al.*, 2007b). A porosidade inter e peritubular criada pela desmineralização permitirá a infiltração subsequente de monómeros de resina, que ficarão retidos na dentina após polimerização (Suh, 1991).

Embora se esperasse que os túbulos dentinários servissem de via preferencial à penetração do ácido (Perdigão *et al.*, 1999b), a densa matriz dentinária peritubular parece diminuir a velocidade dessa penetração. Marshall *et al.* (1995) mostraram não haver diferença no grau de desmineralização da dentina intertubular e peritubular. Ainda assim, Ferrari *et al.* (1994) definiram dois modos diferentes de desmineralização com base no envolvimento da dentina. O modo I ocorreria quando a desmineralização da dentina era limitada ao túbulo, o que o tornava ligeiramente maior do que a sua dimensão original. O modo II ocorreria quando a dentina peritubular e intertubular eram desmineralizadas em simultâneo e as fibras de colagénio intertubular ficavam expostas.

A desmineralização da dentina pela aplicação do ácido é limitada pelas propriedades tampão da hidroxiapatite (Wang e Hume, 1988; Yiu *et al.*, 2002). Os componentes ácidos utilizados nos diversos sistemas adesivos dentinários

são hipertônicos (Pashley *et al.*, 1992), absorvem a humidade da dentina e ficam diluídos reduzindo dessa forma a penetração do ácido (Perdigão *et al.*, 1996b). A penetração do ácido poderá ainda ser diminuída caso a sua consistência seja gel no lugar de solução (Perdigão *et al.*, 1996b).

Após condicionamento com ácido, a fase mineral da superfície dentinária e algumas proteínas não colagénias são solubilizadas, e em parte, extraídas, pela lavagem do agente condicionador, expondo as fibras colagénias da matriz da dentina desmineralizada e deixando uma zona residual de cristais de hidroxiapatite no fundo da zona desmineralizada (Van Meerbeek *et al.*, 1993a). Existe também uma desnaturação do colagénio pois o condicionamento ácido produz uma diminuição nas pontes de hidrogénio carboxílicas e amidas da estrutura alfa-hélice do colagénio. O resultado é uma mudança profunda nas propriedades físicas da dentina. A matriz da dentina desmineralizada fica flexível e elástica. Na verdade, o módulo de elasticidade da matriz dentinária desmineralizada molhada é de aproximadamente 5 MPa (Maciel *et al.*, 1996) que é mais que 1000 vezes menor do que o da dentina mineralizada. Esta diminuição da rigidez da dentina pode ter implicações clínicas, uma vez que a rede de fibras pode colapsar facilmente quando seca com ar, e diminuir a difusão subsequente dos monómeros adesivos.

Por conseguinte, após lavagem do ácido para remoção completa dos produtos resultantes da desmineralização, a dentina deve ser deixada húmida para manter a matriz de colagénio desmineralizada expandida pela água, evitando o colapso das fibras de colagénio (Carrillo, 2006).

A etapa subsequente destes sistemas adesivos consiste na aplicação de um *primer* contendo monómeros hidrofílicos diluídos em solventes que penetram a rede de fibras de colagénio exposta pelo ácido aumentando a sua energia de superfície e deslocando a água do substrato para posterior penetração do adesivo.

O último passo consiste na aplicação de uma resina adesiva, composta por monómeros hidrofóbicos que têm como objetivo penetrar a dentina e envolver as fibras de colagénio e a entrada dos túbulos dentinários desmineralizadas

(Perdigão e Ritter, 2001). A copolimerização do *primer* e do adesivo resulta na retenção micromecânica promovida pela formação da camada híbrida, e na formação de múltiplos prolongamentos de resina (Pashley *et al.*, 2011b).

A aplicação destes adesivos em três passos sequenciais: um ácido, um *primer* e uma resina adesiva, constitui os sistemas *etch-and-rinse* de três passos. A junção num único frasco dos constituintes do *primer* e da resina adesiva, surgiu no sentido de simplificar a técnica adesiva e resultou nos chamados sistemas *etch-and-rinse* de dois passos ou *one-bottle* (Soares *et al.*, 2005b), que combinam os monómeros hidrofílicos, os monómeros hidrofóbicos e os solventes, numa só solução (Swanson *et al.*, 2008). Estes sistemas são também, por vezes apelidados de *primerless* dado que não carecem da aplicação de um *primer* num passo independente.

A simplificação processual dos sistemas *etch-and-rinse* embora reduza a morosidade do procedimento adesivo, não soluciona ou diminui a sensibilidade técnica associada à humidade da dentina e ao colapso do colagénio após secagem da dentina. Esse facto, levou a que ainda nos anos 90, aparecessem no mercado adesivos que condicionavam ou modificavam a dentina, sem a aplicação prévia de um ácido.

2.2.2 Sistemas adesivos *self-etch*

Os adesivos *self-etch* ou também chamados de adesivos “*etch-and-dry*”, são adesivos simplificados que incorporam monómeros acídicos na constituição do seu *primer* e desse modo condicionam e simultaneamente infiltram a dentina, sem a necessidade de a desmineralizar num passo independente (Bouillaguet *et al.*, 2001; Miyazaki *et al.*, 2002; Perdigão, 2002; Van Meerbeek *et al.*, 2011). Esta simplificação da técnica tornou-se possível pelo aumento da concentração de monómeros hidrofílicos e iónicos, de água e de solventes face aos adesivos *etch-and-rinse* (Van Landuyt *et al.*, 2007b), que tornaram estes adesivos compatíveis com o substrato dentinário húmido (Ernst, 2004; Muñoz *et al.*, 2013; Perdigão e Lopes, 1999; Tay *et al.*, 2002b; Watanabe *et al.*, 1994).

A eliminação do passo de lavagem do ácido fosfórico e a subsequente secagem da dentina, elimina o colapso do colagénio, tido como a principal fragilidade à adesão dos sistemas *etch-and-rinse*, e simplifica a técnica adesiva, pela redução do número de passos e do tempo de trabalho clínico (Tay e Pashley, 2003b).

Assim, após a colocação do *primer*, é aplicado um jato de ar suave sobre a dentina, para evaporar o seu solvente e, por último, é aplicada uma resina adesiva que, depois de polimerizada, resultará na retenção do sistema adesivo (Tay e Pashley, 2001). Tendo em conta a não lavagem da dentina, a *smear layer* ficará incorporada na interface adesiva (Tay e Pashley, 2001).

Do mesmo modo que para os adesivos *etch-and-rinse*, alguns sistemas adesivos *self-etch* foram simplificados pela unificação dos componentes do *primer* e da resina adesiva. Assim, tornou-se importante classificar estes adesivos quer de acordo com o número de frascos que constitui o sistema, quer de acordo com os passos clínicos necessários à sua aplicação. Por conseguinte, os sistemas *self-etch* são atualmente classificados em sistemas de dois passos, que requerem uma aplicação de adesivo separada da aplicação do *primer* ou sistemas *self-etch* de um passo, também denominados de *all-in-one*, cujo procedimento de adesão é realizado com apenas um único produto e numa só aplicação (Peumans *et al.*, 2005; Van Meerbeek *et al.*, 1998b). Os sistemas de passo único podem ainda apresentar-se como monocomponentes (um só frasco) ou sistemas de multicomponentes (dois frascos ou soluções que se misturam antes da sua aplicação) (Van Meerbeek *et al.*, 2011).

2.3 COMPOSIÇÃO

A composição dos adesivos dentários atuais varia em função do fabricante que os produz e em função da estratégia de adesão para a qual o adesivo está indicado.

No entanto, de uma forma geral e independentemente do número de frascos, um sistema adesivo contém um componente ácido/acídico, monómeros de resina hidrofílicos e hidrofóbicos, um sistema de ativação/iniciação de polimerização, estabilizadores, solventes e em alguns casos, partículas de carga inorgânica, mas em pequena percentagem de modo a que consiga manter a sua fluidez.

2.3.1 Condicionador

Nos sistemas *etch-and-rinse*, o condicionamento da estrutura dentária é realizado pelo ácido ortofosfórico, geralmente em forma de gel, mas podendo apresentar-se em solução. Diversas concentrações deste ácido têm sido propostas e utilizadas. Em 1975, Silverstone mostrou que a concentração de ácido fosfórico mais eficiente para o condicionamento do esmalte se situava entre 30 e 40%, uma vez que do condicionamento resultava um precipitado altamente solúvel em água, denominado fosfato monocálcico mono-hidratado, facilmente removido durante a lavagem subsequente, deixando uma superfície porosa. Concentrações inferiores a 30% resultavam na formação de grande quantidade de fosfato dicálcico di-hidratado, um precipitado que não era solúvel em água e prejudicava a união, por produzir porosidades menos eficientes (Silverstone *et al.*, 1975). Num outro extremo, concentrações de ácido superiores a 40% dissolviam pouco os cristalitos de hidroxiapatite, dado que a formação de quantidades exageradas de fosfato monocálcico mono-hidratado, resultavam na formação de uma camada viscosa sobre a superfície condicionada, que impediam a continuação da dissolução dos cristalitos e não produziam um padrão de dissolução definido e suficientemente poroso (Manson-Rahemtulla *et al.*, 1984). Daqui resulta que a maioria dos produtos de ácido fosfórico comercializados atualmente apresentem concentrações entre 32 e 37% (Perdigão *et al.*, 1996b).

O ácido fosfórico, nestas concentrações, apresenta um pH entre 0,1 e 0,4 e é geralmente aplicado durante 15 s. A aplicação por este tempo resulta num padrão de dissolução similar ao tempo de 60 s inicialmente proposto aquando

da introdução do conceito de condicionamento ácido (Swift *et al.*, 1995a) e em valores de adesão similares (Barkmeier *et al.*, 1986).

Outros ácidos, para além do fosfórico, têm sido associados aos sistemas adesivos. Ácidos menos agressivos como o maleico, cítrico, nítrico e oxálicos têm demonstrado ser menos agressivos para a dentina. Contudo, o ácido fosfórico permanece a escolha de eleição, devido à previsibilidade do seu condicionamento e à sua profundidade da desmineralização, quando comparado com outros ácidos (Latta e Barkmeier, 1998).

A adição de espessantes como a sílica coloidal ou de polímeros, ajuda a controlar clinicamente a distribuição do ácido na cavidade preparada, uma vez que torna o ácido mais espesso. No entanto, aparentemente pode alterar o pH dos condicionadores ácidos e consequentemente diminuir a profundidade de desmineralização (Perdigão *et al.*, 1996b).

Alguns corantes são com frequência associados à solução ácida com o objetivo de facilitar a identificação da área da estrutura dentária que será desmineralizada (Nakabayashi e Pashley, 1998).

Para garantir a capacidade autocondicionante dos adesivos *self-etch* foram introduzidos, na sua formulação, monómeros hidrofílicos e acídicos, como os monómeros fosfato ou carboxilato (Van Landuyt *et al.*, 2008b; Yoshida *et al.*, 2000; Yoshida *et al.*, 2001). Estes monómeros acídicos dissociam-se, em solução aquosa, e libertam protões que são capazes de desmineralizar a dentina e estabelecer ligações iónicas com o cálcio residual da hidroxiapatite (Fu *et al.*, 2005; Yoshioka *et al.*, 2002). No entanto, por serem menos acídicos do que os géis de ácido fosfórico utilizados nos sistemas *etch-and-rinse* (Van Meerbeek *et al.*, 2003b), dissolvem apenas parcialmente a *smear layer* e desmineralizam a dentina de uma forma mais superficial (Bouillaguet *et al.*, 2001; Miyazaki *et al.*, 2002; Perdigão, 2002; Van Meerbeek *et al.*, 2011). Todavia, os adesivos *self-etch* podem desmineralizar a dentina em diferentes profundidades, em função do pH do seu *primer* (sistemas *self-etch* de dois passos) ou da sua solução adesiva (sistema *self-etch* de um passo), o que define a sua agressividade (Van Meerbeek *et al.*, 2003b). Assim, estes

adesivos simplificados são frequentemente classificados em adesivos ultra-suaves ($\text{pH} > 2,5$), suaves ($2 \leq \text{pH} \leq 2,5$), moderados ($1 < \text{pH} < 2$) ou agressivos/fortes ($\text{pH} \leq 1$) (Pashley e Tay, 2001; Tay e Pashley, 2001; Van Meerbeek *et al.*, 2003b).

2.3.2 Primer

Quando um ácido é aplicado sobre a dentina, a hidroxiapatite, um componente com alta energia de superfície, é removida, permanecendo o colagénio, que possui baixa energia de superfície. O resultado é um substrato de maior porosidade mas de baixa energia de superfície (Eliades, 1994). Assim, há necessidade de aplicar uma substância que restaure a energia superficial perdida, afaste a água e facilite a subsequente infiltração dos monómeros resinosos. Estas seriam as funções do *primer* (Eliades, 1994).

Os *primers*, ou também chamados de promotores da adesão, consistem em monómeros hidrofílicos dissolvidos em solventes como a acetona, o etanol ou a água com grande afinidade para substratos húmidos, como a dentina (Eick *et al.*, 1997).

2.3.2.1 Monómeros

Os monómeros hidrofílicos do *primer* apresentam uma extremidade hidrofílica funcional, com funções específicas e uma extremidade hidrofóbica, geralmente $-\text{CH}_2$ para copolimerizar com os monómeros da resina adesiva fluida aplicada em seguida, para formar a camada híbrida (Norling, 2003; Stangel *et al.*, 2007; Swift *et al.*, 1995a; Van Meerbeek *et al.*, 1998a).

Os monómeros hidrofílicos mais frequentemente encontrados nos sistemas adesivos, são os monómeros neutros com um grupo funcional hidroxilo ($-\text{OH}$), como o monómero HEMA; os monómeros acídicos de ácido fosfórico [$-\text{O}-\text{P}(\text{OH})(\text{OR})$] como os ésteres fosfóricos de dipentaeritrol (PENTA), o 2-metacrilóiloietil fenil hidrogenofosfato (fenil-P) e o 10-MDP; os monómeros acídicos de ácido carboxílico ($-\text{COOH}$) como o monómero 4-META; e os que

apresentam grupos funcionais sulfônicos ($-\text{SO}_3\text{H}$) como o monómero sulfônico de 2-acriloamido-2-metilpropano (AMPS) (Suh *et al.*, 2003). A extremidade funcional garante aos monómeros funções específicas como o molhamento da dentina, a desmineralização do substrato e/ou a capacidade de estabelecer ligações químicas com a estrutura dentária (Watanabe *et al.*, 1994; Yoshida *et al.*, 2000; Yoshida *et al.*, 2004).

De entre os vários monómeros que se podem encontrar nas formulações dos *primers*, o HEMA tem um papel preponderante.

O HEMA é o componente principal da maioria dos adesivos comercializados (Van Landuyt *et al.*, 2007b; Van Landuyt *et al.*, 2008a) e surgiu da necessidade de aderir a um substrato húmido. Com a adição de HEMA, os adesivos passaram a tolerar algum grau de humidade da dentina, uma vez que os monómeros de HEMA são solúveis em grandes quantidades de água (Paul *et al.*, 1999b; Van Landuyt *et al.*, 2007b).

A incorporação de HEMA nas formulações adesivas ao melhorar a sua capacidade de molhar a dentina, promove a difusão dos monómeros de resina no colagénio exposto (Van Landuyt *et al.*, 2005; Van Meerbeek *et al.*, 2003b) potenciando as forças de adesão à dentina (Carvalho *et al.*, 2003; Nakaoki *et al.*, 2000; Van Landuyt *et al.*, 2008a). Estes aspetos positivos resultam também da capacidade dos monómeros de HEMA em diminuir a viscosidade do adesivo (Maciel *et al.*, 1996; Nakabayashi e Takarada, 1992; Nakabayashi *et al.*, 1992; Rosales *et al.*, 1999; Toledano *et al.*, 2004; Van Landuyt *et al.*, 2008a) e da capacidade que a molécula tem para formar ligações de hidrogénio com as fibrilhas de colagénio, estabilizando-o e prevenindo o seu colapso (Maciel *et al.*, 1996; Nakabayashi *et al.*, 1992). Estas características do HEMA valorizam a sua presença nas formulações dos sistemas *etch-and-rinse*, que preconizam a secagem da dentina, onde frequentemente se encontra presente em concentrações de 30% a 40%, dado que acima dessa concentração as forças adesivas decrescem (Pashley *et al.*, 1998).

Os sistemas *self-etch* podem ou não conter HEMA na sua formulação (Takahashi *et al.*, 2011). Nos adesivos *self-etch* suaves, que formam uma

camada híbrida submicrométrica (Tay *et al.*, 2000b; Tay e Pashley, 2001) a infiltração dos monómeros deverá ser rápida, diminuindo a necessidade do HEMA como constituinte (Van Landuyt *et al.*, 2008a). Para além do mais, os adesivos *self-etch* possuem monómeros acídicos que aumentam as propriedades de molhamento dos adesivos, cumprindo a mesma função do HEMA. Nestes adesivos simplificados que contêm grandes quantidades de água, a presença de HEMA dificulta inclusivamente a evaporação deste solvente inorgânico, porque se liga a ele por pontes de hidrogénio (Van Landuyt *et al.*, 2008a). Assim, são apenas necessárias pequenas quantidades de HEMA (cerca de 10% em volume) na formulação destes sistemas adesivos para que este monómero funcional contribua favoravelmente para o desempenho destes adesivos *self-etch* à dentina (Van Landuyt *et al.*, 2008a).

Na solução adesiva, o HEMA tem ainda a capacidade de melhorar a miscibilidade dos componentes hidrofílicos e hidrofóbicos, prevenindo a separação de fases dos constituintes do adesivo (Moszner *et al.*, 2005; Toledano *et al.*, 2001; Van Landuyt *et al.*, 2005; Van Landuyt *et al.*, 2008a).

Existem no entanto, alguns pontos menos positivos associados a este monómero hidrofílico. O monómero HEMA possui apenas um grupo polimerizável, pelo que a sua presença aumenta a proporção de polímeros lineares, com piores propriedades mecânicas, comparativamente aos polímeros entrecruzados (Van Landuyt *et al.*, 2008a). Por outro lado, o baixo peso molecular do HEMA, ao diminuir a viscosidade dos adesivos, forma camadas de adesivos mais finas (Van Landuyt *et al.*, 2008a), que têm sido associadas a forças físico mecânicas reduzidas devido ao efeito da camada inibida pelo oxigénio, que resulta em baixos graus de polimerização da resina (Nunes *et al.*, 2005). Mais ainda, as propriedades hidrofílicas do HEMA determinam que os adesivos que o contenham, possuam maior apetência para atrair e captar água, mesmo após polimerização, atuando como membranas semipermeáveis e tornando-se vulneráveis à hidrólise, degradando-se mais do que os adesivos hidrofóbicos (De Munck *et al.*, 2003; De Munck *et al.*, 2005b; Jacobsen e Söderholm, 1995; Moszner *et al.*, 2005; Perdigão, 2010; Sadr *et al.*, 2007; Shirai *et al.*, 2005; Stangel *et al.*, 2007; Takahashi *et al.*, 2011; Van

Landuyt *et al.*, 2005; Van Landuyt *et al.*, 2007a; Van Landuyt *et al.*, 2008a). Outra desvantagem do HEMA é o seu grande potencial alergénico. A penetração deste monómero pelas luvas ou pela pele devido ao seu baixo peso molecular pode conduzir a dermatite de contato (reação alérgica tipo IV) que é uma doença ocupacional frequente entre a classe médica (Sandberg *et al.*, 2002; Wrangsjo *et al.*, 2001).

2.3.2.2 Solventes

Os solventes podem ser de natureza orgânica como a acetona, o etanol, ou o butanol terciário, ou inorgânica como a água. São introduzidos na composição do *primer* com o objetivo de deslocar a água da dentina (os solventes orgânicos) e ao mesmo tempo promover a infiltração dos monómeros de resina pelas fibras de colagénio, aumentando, dessa forma, as forças adesivas à dentina (Kanca, 1992c; Perdigão e Frankenberger, 2001; Pongprueksa *et al.*, 2014; Reis *et al.*, 2003b; Salz *et al.*, 2005).

Os solventes são depois evaporados pela secagem com jato suave de ar, deixando na dentina os monómeros ativos (Wang *et al.*, 2007).

As características mais relevantes dos solventes e que os distinguem entre si na sua eficácia são o seu momento dipolo, a sua constante dielétrica, a sua pressão de vapor, o seu peso molecular e a sua capacidade para formar ligações de hidrogénio (Van Landuyt *et al.*, 2007b).

A acetona apresenta uma pressão de vapor relativa de 184 mmHg à temperatura de 20°C e, por conseguinte, evapora-se mais rapidamente do que o etanol e a água, que têm pressões de vapor relativas de cerca de 43,9 mmHg e 17,5 mmHg, respetivamente (Itoh *et al.*, 2010).

O butanol terciário é um novo tipo de solvente totalmente miscível com a água e com as resinas polimerizáveis. Este solvente parece promissor, uma vez que apesar de ter um peso molecular mais elevado do que o etanol, apresenta uma pressão de vapor idêntica, mas com melhor estabilidade para uma reação

química com os monómeros de resina (Cardoso *et al.*, 2011; Manhart e Trumm, 2010).

Independentemente do solvente que constitui o adesivo, a sua evaporação deve ser praticamente total antes da sua polimerização, para garantir a efetividade do sistema (Luque-Martinez *et al.*, 2014). A presença de água e solventes orgânicos residuais aprisionados no adesivo diluem os monómeros de resina e afastam as moléculas reagentes entre si, não permitindo a conversão dos seus monómeros e a formação de polímeros de alto peso molecular (Carvalho *et al.*, 2005; Garcia *et al.*, 2010; Jacobsen e Söderholm, 1995; Pashley *et al.*, 1998; Reis *et al.*, 2005; Takahashi *et al.*, 2002b). O resultado será a formação de polímeros com propriedades mecânicas reduzidas (Hotta *et al.*, 1998; Reis *et al.*, 2005).

Uma vez que a evaporação espontânea dos solventes é limitada, os clínicos devem facilitar a sua evaporação com um leve jato de ar, livre de óleo ou água (Ikeda *et al.*, 2008b). No entanto, a técnica de secagem deve ser cuidadosa uma vez que os resultados podem ser influenciados pela sua duração, pela distância a que a dentina é seca, pela pressão de ar da seringa, pela contaminação do jato de ar, entre outros (do Amaral *et al.*, 2010; Luque-Martinez *et al.*, 2014). A secagem vigorosa ou por períodos muito longos, faz com que os solventes evaporem rápido demais, deixando uma solução viscosa sobre a dentina e pode levar à introdução de bolhas de ar na camada de adesivo e ao enfraquecimento das propriedades mecânicas dos polímeros e das forças adesivas ao substrato (do Amaral *et al.*, 2010). Este procedimento de secagem reduz também a espessura da camada de adesivo tornando-a mais suscetível à inibição da polimerização pelo oxigénio (Nunes *et al.*, 2005). Por oposição, tempos de evaporação baixos resultam na não remoção efetiva dos solventes (Luque-Martinez *et al.*, 2014).

2.3.3 Resina adesiva

As resinas adesivas são resinas fluidas, também designadas por *bonding* ou adesivo propriamente dito, que ligam a resina composta à dentina ou a esta por

intermédio do *primer*, dependendo do número de passos da estratégia de adesão utilizada.

As soluções adesivas são formadas por monómeros hidrofóbicos, como o bis-GMA, o trietilen glicol dimetacrilato (TEGDMA) e o uretano dimetacrilato (UDMA), que apresentam duas extremidades reativas, baseadas em metacrilatos, que permitem a ligação linear entre os vários monómeros e ligações cruzadas que permitem a interligação dos diferentes polímeros formando polímeros mais complexos (Van Landuyt *et al.*, 2007b). A adição de monómeros hidrofóbicos, de ligações cruzadas, melhora as propriedades mecânicas dos adesivos (Asmussen e Peutzfeldt, 2001b; Paul *et al.*, 1999b; Van Landuyt *et al.*, 2007b) e a sua viscosidade (Silikas e Watts, 1999). Para além dos monómeros hidrofóbicos, as soluções adesivas podem apresentar monómeros hidrofílicos como o HEMA, de modo a facilitar o molhamento da dentina.

As resinas podem conter partículas de carga. A inclusão de partículas de carga parece aumentar o módulo de elasticidade da resina, diminuir a sua contração de polimerização e aumentar a sua viscosidade (Miyazaki *et al.*, 1995; Ritter *et al.*, 2009; Van Meerbeek *et al.*, 1993c).

2.3.4 Adesivos simplificados

Embora, tradicionalmente, os monómeros funcionais hidrofílicos e os solventes sejam aplicados numa solução que constitui o *primer* e os monómeros hidrofóbicos sejam aplicados numa etapa separada que constitui o adesivo propriamente dito (sistemas *etch-and-rinse* de três passos e sistemas *self-etch* de dois passos); a simplificação da técnica, de ambas as estratégias de adesão, levou a que os fabricantes juntassem todos os monómeros e solventes num único frasco (*etch-and-rinse* de dois passos e *self-etch* de um passo) (Van Meerbeek *et al.*, 1998a).

2.4 ASPETOS CRÍTICOS DOS ADESIVOS ATUAIS

Ambas as estratégias adesivas atuais, *etch-and-rinse* e *self-etch*, apresentam aspectos críticos que importa realçar.

2.4.1 Sensibilidade técnica

Os sistemas que preconizam a aplicação separada de um condicionador ácido sobre a dentina são mais sensíveis tecnicamente.

A secagem da dentina, após lavagem do ácido, resulta com frequência no colapso das fibras de colagénio não suportadas por hidroxiapatite e, por conseguinte, na insuficiente penetração dos monómeros do *primer*/adesivo na dentina (Gwinnett, 1994b). No entanto, mesmo em condições de humidade ideal, a solução adesiva nem sempre consegue penetrar toda a profundidade de dentina desmineralizada, o que resulta numa região de dentina desmineralizada e não penetrada por resina. Van Meerbeek *et al.* (1993b) avaliaram a distribuição de resina na camada híbrida após condicionamento ácido da dentina. Verificaram que a concentração de resina era maior no topo da camada híbrida e menor na base, mostrando que a resina não penetrava em toda a profundidade da zona de dentina desmineralizada e, por isso não envolvia todo o colagénio exposto. Se o ácido não for bem lavado, o ácido residual pode ainda sobrecondicionar a dentina, e os produtos residuais da reação podem obstruir os pequenos poros ao redor das fibras de colagénio, dificultando ainda mais a sua hibridização (Nakabayashi e Pashley, 1998). A abertura dos túbulos dentinários pela ação do ácido fosfórico e a consequente extrusão de fluido pulpar podem constituir outra das razões para que a infiltração monomérica não seja completa e podem, além do mais, dissolver os monómeros do adesivo, dificultando a sua polimerização e assim contribuir para uma deterioração da qualidade da camada híbrida (Eliades *et al.*, 2001; Rosales-Leal *et al.*, 2007).

Independentemente da causa, a insuficiente ou incompleta infiltração monomérica na dentina pode resultar numa diminuição das forças de

resistência adesiva a esse substrato (Spencer e Swafford, 1999; Tay *et al.*, 1996g).

Já com a introdução dos sistemas *self-etch* eliminou-se o passo de aplicação e lavagem do ácido e a subsequente secagem da dentina, pelo que é diminuída a probabilidade de erro no que diz respeito ao controlo da humidade remanescente sobre as fibras de colagénio (Tay *et al.*, 2000b; Watanabe *et al.*, 1994). À exceção dos adesivos *self-etch* agressivos, toda a profundidade de dentina que é, desmineralizada é, em teoria, impregnada por resina (Carvalho *et al.*, 2005; Wang e Spencer, 2005), pelo que se reduz a possibilidade do colagénio não ficar suportado (Li *et al.*, 2000a; Tay *et al.*, 2002c).

As versões moderadas destes adesivos *self-etch* foram criadas de forma a deixar os *smear plugs* intactos durante a hibridização com a resina (Perdigão, 2007), prevenindo assim a diluição dos monómeros por parte do fluído dentinário (Tay *et al.*, 2004b).

Deste modo, com os adesivos *self-etch* a técnica adesiva é menos sensível e mais padronizada entre os diferentes operadores (Perdigão *et al.*, 2003).

A sensibilidade técnica associada aos sistemas *etch-and-rinse* pode prejudicar as forças adesivas destes sistemas à dentina, ao ponto de justificar porque é que alguns estudos reportam forças de resistência adesiva semelhantes entre adesivos *etch-and-rinse* e adesivos *self-etch* (Armstrong *et al.*, 2003; Kubo *et al.*, 2006; Maurin *et al.*, 2006; Proenca *et al.*, 2007).

2.4.2 Hipersensibilidade pós-operatória

A hipersensibilidade pós-operatória tem sido atribuída a diversos fatores, incluindo o efeito do condicionamento ácido sobre a dentina, a penetração de agentes bacterianos na polpa, o excesso de secagem da dentina, a retenção de ar na interface adesiva, ou a deformação das cúspides e da resina composta por efeito das forças oclusais (Brannstrom, 1992; Bryant e Mahler, 1986; Pashley e Tay, 2001).

A hipersensibilidade é a manifestação clínica mais frequente da inconsistência da adesão (Aw *et al.*, 2005; Perdigão *et al.*, 2003) e é mais frequentemente associada aos sistemas *etch-and-rinse*, quer pela remoção da *smear layer*, quer pela eventual discrepância entre a dentina desmineralizada e a área envolvida por resina (Perdigão, 2010; Reis *et al.*, 2003a; Tay *et al.*, 1998). De acordo com a teoria hidrodinâmica (Tani e Finger, 2002), quando a dentina é exposta, os estímulos externos causam um efluxo de fluido da polpa, que pode ativar os nervos pulpares e originar dor. Do mesmo modo, se após remover a *smear layer*, os sistemas adesivos não penetrarem os túbulos e não os selarem, produzir-se-á um movimento de água da polpa para a camada de adesivo hipertônico, de forma contínua e antes da polimerização do adesivo. O que significa que pequenas bolhas de água podem ficar encapsuladas ao longo da interface adesiva, aquando da polimerização do adesivo (Pashley *et al.*, 2002b). Com os movimentos mastigatórios, essas bolhas podem criar um efeito de mola que, por sua vez, pode estimular as fibras nervosas A-delta do complexo pulpodentinário causando dor (Bedran-Russo *et al.*, 2013). A abertura dos túbulos dentinários pode ainda facilitar a penetração de subprodutos bacterianos ou de monómeros adesivos até à polpa, estimulando-a também.

Os sistemas adesivos *self-etch* mantêm a *smear layer* e interagem de forma mais superficial com a dentina (De Munck *et al.*, 2005b; Van Meerbeek *et al.*, 2003a). Os cristais de hidroxiapatite dissolvidos e a *smear layer* residual obstruem os túbulos dentinários (Perdigão, 2007; Tay *et al.*, 2002c; Van Meerbeek *et al.*, 2011), impedindo o efluxo de fluido e reduzindo a

sensibilidade pós-operatória (Opdam *et al.*, 1998; Perdigão *et al.*, 2003; Unemori *et al.*, 2004).

No entanto, esta redução carece de validação científica, uma vez que vários estudos clínicos controlados concluem que a sensibilidade pós-operatória parece associar-se de forma mais significativa à técnica do operador do que à estratégia de adesão ou ao adesivo *per se* (Perdigão *et al.*, 2003; Perdigão e Swift, 2013; Van Landuyt *et al.*, 2008b).

2.4.3 Profundidade de desmineralização da dentina e camada híbrida

Os sistemas adesivos *etch-and-rinse*, por se basearem em soluções de ácido fosfórico com pH entre 0,1 e 0,4, desmineralizam a dentina em profundidades maiores, entre 5 a 8 µm (Nakabayashi e Watanabe, 1985; Van Meerbeek *et al.*, 2011), do que os sistemas adesivos *self-etch*, cujas soluções adesivas apresentam pH mais elevado e, portanto, desmineralizam a dentina de forma mais superficial. Apenas os adesivos *self-etch* agressivos desmineralizam a dentina em profundidades que se aproximam das obtidas com os sistemas *etch-and-rinse* (Loguercio *et al.*, 2011b; Pegado *et al.*, 2010). Os adesivos de acidez suave e moderada induzem na dentina uma desmineralização superficial de apenas 0,5 a 1,5 µm, onde é frequente encontrar cristais de hidroxiapatite não dissolvidos (Tay *et al.*, 2000b; Tay e Pashley, 2001).

A infiltração subsequente da resina pela dentina desmineralizada resultará, portanto, na formação de uma camada híbrida significativamente mais espessa nos sistemas adesivos que resultam numa desmineralização mais agressiva da dentina (Hsu *et al.*, 2008). Nos sistemas *self-etch*, de uma forma geral, a camada híbrida é estreita e incorpora a hidroxiapatite e a *smear layer* presente no substrato (Perdigão, 2007).

Não obstante, a espessura da camada híbrida não é um fator primordial na eficácia adesiva dos adesivos (Ernst, 2004; Van Meerbeek *et al.*, 2003b), mas sim a qualidade da sua hibridização (Burrow *et al.*, 1994).

2.4.4 Retenção micromecânica/união química

A ligação à dentina por parte dos sistemas adesivos *etch-and-rinse* é baseada sobretudo num processo de retenção micromecânica (Nakabayashi e Pashley, 1998). O material inorgânico do substrato dentário é substituído por monómeros de resina que permanecem retidos e entrelaçados no substrato após polimerização. Microscopicamente este é o processo de hibridização ou formação da camada híbrida referido anteriormente (Nakabayashi *et al.*, 1982). Contudo, foram já também descritas algumas ligações iónicas entre a água e o HEMA às fibras de colagénio nestes adesivos (Latta e Naughton, 2005; Moszner *et al.*, 2005; Stangel *et al.*, 2007).

Como a maioria dos sistemas *self-etch* não expõe completamente as fibras de colagénio para garantir uma boa retenção micromecânica, foi necessário criar um mecanismo adicional de retenção para estes adesivos. Para o efeito, foram adicionados monómeros acídicos, com grupos carboxílicos ou fosfatos, capazes de se ligarem ionicamente ao cálcio da hidroxiapatite (Fukeyawa *et al.*, 2006; Van Landuyt *et al.*, 2008b; Yoshida *et al.*, 2000; Yoshida *et al.*, 2001; Yoshida *et al.*, 2004).

Por desmineralizarem a dentina apenas parcialmente, os adesivos *self-etch* suaves, deixam cristais de hidroxiapatite ao redor das fibras de colagénio, que permanecem disponíveis para se ligar quimicamente ao adesivo (Van Landuyt *et al.*, 2008b; Yoshida *et al.*, 2000; Yoshida *et al.*, 2004). Já, os sistemas *self-etch* agressivos, por se aproximarem mais dos sistemas *etch-and-rinse* aderem à dentina, quer por retenção química, quer por retenção micromecânica, uma vez que desmineralizam a dentina de forma mais profunda (Yoshihara *et al.*, 2010).

A qualidade da interação química entre os monómeros funcionais e a hidroxiapatite residual, depende da composição química de cada adesivo, e é explicada pelo conceito de adesão/descalcificação ou conceito-AD (Van Landuyt *et al.*, 2008b; Yoshida *et al.*, 2001; Yoshioka *et al.*, 2002). Segundo este conceito, as moléculas acídicas interagem com a hidroxiapatite, desmineralizando-a. Os iões carboxilato substituem os iões fosfato do

substrato e ligam-se ionicamente ao cálcio da hidroxiapatite. De seguida, essas moléculas podem ficar unidas à hidroxiapatite, como acontece com o fenil-P ou mesmo o 4-META; ou então desprenderem-se dessa ligação como acontece com o ácido fosfórico, ácido maleico ou o HEMA. Este desfecho dependerá da solubilidade do sal formado (Yoshida *et al.*, 2001; Yoshioka *et al.*, 2002). Quanto menos solúvel o sal formado, mais intensa e estável será a adesão molecular à hidroxiapatite.

Os sistemas *self-etch* podem ainda aderir quimicamente à dentina por ligações iónicas entre o adesivo e as fibras de colagénio dentinárias (Latta e Naughton, 2005; Moszner *et al.*, 2005; Stangel *et al.*, 2007).

A adesão química parece ser o mecanismo mais importante para a adesão destes adesivos *self-etch* à dentina (Kanemura *et al.*, 1999; Pashley e Tay, 2001; Perdigão e Geraldini, 2003; Yoshida *et al.*, 2004).

Genericamente, os adesivos *self-etch* apresentam forças de resistência adesiva à dentina inferiores aos valores encontrados para os sistemas *etch-and-rinse* (De Munck *et al.*, 2006; Inoue *et al.*, 2001; Loguercio e Reis, 2008; Pashley *et al.*, 2011b; Tanumiharja *et al.*, 2000; Van Meerbeek *et al.*, 2003a; Walter *et al.*, 2011). Apesar de capazes de aderir quimicamente à dentina, a sua interação com o substrato dentinário é menos efetiva (Cardoso *et al.*, 2011; Peumans *et al.*, 2005; Sarr *et al.*, 2010).

A superioridade dos adesivos *etch-and-rinse* de três passos deve-se, de facto, à capacidade destes adesivos hibridizarem de forma consistente e duradoura a dentina (Peumans *et al.*, 2005). Essa hibridização pode ser potenciada pelo facto do condicionamento ácido separado, seguido pela sua lavagem, assegurar a remoção dos precipitados que se depositam na superfície da dentina e adicionalmente pelo facto do *primer* destes adesivos não conter monómeros acidificados, mas sim neutros, o que facilita a sua difusão e infiltração nos tecidos, potenciando a retenção micromecânica (Soderholm *et al.*, 2008).

2.4.5 Condicionamento ácido do substrato prévio à aplicação dos sistemas *self-etch*

A aplicação de ácido fosfórico aumenta de forma exponencial as microporosidades da superfície do esmalte, responsáveis pela retenção da resina (Pashley e Tay, 2001; Perdigão *et al.*, 2006b).

Embora o padrão de condicionamento dos adesivos *self-etch* varie em função da sua agressividade, os monómeros acídicos são incapazes de condicionar o esmalte intacto na mesma proporção do ácido fosfórico, dado o seu pH mais elevado (Erickson *et al.*, 2009; Perdigão *et al.*, 2005c). Por conseguinte, estes adesivos apresentam forças de resistência adesiva ao esmalte de grandeza inferior às encontradas para os sistemas que condicionam esse substrato numa etapa separada (Perdigão e Geraldini, 2003; Perdigão *et al.*, 2006a), uma vez que, para o esmalte, a capacidade de desmineralização se correlaciona com as forças de resistência adesiva.

Quando o esmalte é instrumentado, os adesivos *self-etch* apresentam um desempenho adesivo superior face ao esmalte intacto, e o seu desempenho aproxima-se muitas vezes do encontrado para os adesivos *etch-and-rinse* (Perdigão *et al.*, 1997; Perdigão e Geraldini, 2003; Taschner *et al.*, 2010).

Ainda assim, de uma forma geral, por forma a melhorar o desempenho adesivo dos adesivos *self-etch* ao esmalte, recomenda-se a aplicação prévia de ácido fosfórico (Erhardt *et al.*, 2004; Erickson *et al.*, 2009; Hanabusa *et al.*, 2012; Kanemura *et al.*, 1999; Peumans *et al.*, 2010; Rotta *et al.*, 2007; Taschner *et al.*, 2010; Van Landuyt *et al.*, 2006a; Van Meerbeek *et al.*, 2003a).

A aplicação ativa do adesivo parece constituir outra alternativa para aumentar o desempenho dos adesivos *self-etch* ao esmalte. A aplicação ativa potencia a interação micromecânica do adesivo com o substrato e a sua desmineralização, uma vez que promove o contacto de novos monómeros acídicos com a superfície (Torres *et al.*, 2009).

Seria de esperar, de igual modo ao verificado para o esmalte, que a aplicação de ácido fosfórico sobre a dentina antes da aplicação dos mesmos adesivos *self-etch*, ao melhorar a infiltração do adesivo e a sua retenção micromecânica

(Ikeda *et al.*, 2008a; Oliveira *et al.*, 2003), se traduzisse num aumento das forças adesivas desses adesivos à dentina (Sabatini, 2013). No entanto, o efeito deste passo de condicionamento da dentina nas forças adesivas dos sistemas *self-etch* é pouco claro. Na literatura, as opiniões divergem.

Para alguns autores, ao contrário do que acontece com o esmalte, o condicionamento prévio da dentina, não deve ser genericamente recomendado, uma vez que a remoção do conteúdo inorgânico da superfície dentinária dificulta ou impede a adesão química por parte destes adesivos (Proenca *et al.*, 2007; Torii *et al.*, 2002), reduzindo dessa forma a sua resistência adesiva quando comparada com a sua aplicação *self-etch* (Torii *et al.*, 2002; Van Landuyt *et al.*, 2006a; Van Landuyt *et al.*, 2006b). Por outro lado, a aplicação de ácido pode desmineralizar a dentina numa profundidade maior do que a capacidade do agente adesivo em penetrá-la, levando à degradação por hidrólise do colagénio não envolvido por resina e à diminuição da durabilidade da adesão ao longo do tempo (Hashimoto *et al.*, 2002c). A aplicação dos sistemas *self-etch* deve, portanto, seguir uma estratégia de adesão seletiva ao esmalte, especialmente nos adesivos *self-etch* suaves (Van Landuyt *et al.*, 2006a).

Por oposição, para outros autores, a retenção micromecânica conferida pela desmineralização da dentina pode traduzir-se num importante fator de retenção dos adesivos *self-etch*, pelo que a *smear layer* deve ser removida, uma vez que constitui uma barreira física à penetração dos monómeros (Kenshima *et al.*, 2005; Ogata *et al.*, 2002). A adesão química dar-se-á então com a hidroxiapatite residual da dentina subjacente à região desmineralizada (Yoshida *et al.*, 2000).

2.4.6 Permeabilidade dos adesivos e estabilidade da interface adesiva

Os adesivos simplificados, *etch-and-rinse* de dois passos e *self-etch* de um passo, são sistemas adesivos que não incluem a aplicação de uma resina hidrofóbica sobre a sua solução adesiva altamente hidrofílica e nessa medida, tornam-se membranas permeáveis capazes de absorver água mesmo após

polimerização (Malacarne *et al.*, 2006) o que os suscetibiliza mais à degradação ao longo do tempo (Breschi *et al.*, 2008; De Munck *et al.*, 2005b).

A aplicação final de uma camada de resina adesiva hidrofóbica, torna a interface adesiva menos hidrofílica, reduz a absorção de água e o seu efeito plastificante sobre os polímeros (Sadek *et al.*, 2008a) e resulta em maiores forças de adesão à dentina face aos adesivos simplificados de cada uma das técnicas adesivas (De Munck *et al.*, 2005b; Ito *et al.*, 2005a; Perdigão, 2007; Reis *et al.*, 2009; Ulker *et al.*, 2010; Van Meerbeek *et al.*, 2003b). Por este motivo, os adesivos *self-etch* de dois passos apresentam até, muitas vezes valores próximos aos dos adesivos *etch-and-rinse* de três passos (Ulker *et al.*, 2010).

2.4.7 Taxa de retenção das restaurações adesivas

De acordo com um trabalho de revisão sistemática elaborado com base na taxa de falhas clínicas dos sistemas adesivos aderidos em cavidades cervicais não cariosas (Peumans *et al.*, 2005) os adesivos *etch-and-rinse* de três passos são os adesivos que apresentam uma taxa média de falha anual mais baixa, na ordem dos 4,8%, sendo que, os adesivos *etch-and-rinse* de dois passos apresentam taxas de insucesso anual da ordem dos 6,2% ao ano. Os sistemas *self-etch* de dois passos apresentam uma taxa média de falha anual de 4,7%, sendo a categoria de adesivos que se encontra mais próxima dos sistemas *etch-and-rinse* de três passos. Pelo contrário, os sistemas *all-in-one* são os que apresentam maior inconsistência e pior desempenho clínico, com uma taxa média de falha anual de 8,1%. Apesar de ligeiras, estas diferenças face aos adesivos de gerações anteriores devem-se a uma relação solvente/monómero mais elevada e são o reflexo de uma infiltração e hibridização subótimas e de uma maior suscetibilidade à hidrólise (De Munck *et al.*, 2005b; Peumans *et al.*, 2005).

2.4.8 Pigmentação marginal das restaurações

A pigmentação marginal numa restauração adesiva, pouco tempo depois da sua execução clínica, pode resultar da infiltração de pequenos defeitos marginais (Van Landuyt *et al.*, 2014) e é um dos primeiros sinais preditores de falha (Perdigão, 2007).

Segundo Van Landuyt *et al.* (2014), os sistemas *self-etch* de passo único apresentam uma maior tendência ao desenvolvimento de pequenos defeitos marginais e pigmentações face aos adesivos *etch-and-rinse* (Fabianelli *et al.*, 2003; Van Landuyt *et al.*, 2014). A razão prende-se eventualmente com a formação de uma camada híbrida de pior qualidade (Perdigão *et al.*, 2008) que favorece a sua degradação ao longo do tempo. No entanto, alguns adesivos *self-etch* de dois passos resultam em margens livres de pigmentação e sem degradação marginal ao final de seis meses (Perdigão *et al.*, 2003) ou cinco anos de avaliação clínica (Kubo *et al.*, 2006) possivelmente por influência do seu recobrimento hidrofóbico.

2.4.9 Incompatibilidade dos adesivos simplificados com as resinas restauradoras

O baixo pH dos monómeros acídicos dos adesivos *self-etch* de um passo pode neutralizar, por uma reação ácido base, as aminas terciárias iniciadoras da polimerização das resinas compostas de polimerização química (Sanares *et al.*, 2001; Tay *et al.*, 2001) e, desta forma, impedir a conversão dos seus monómeros. Esta interação negativa acontece, porque os monómeros acídicos são unidos diretamente à resina composta sem uma camada intermédia de resina hidrofóbica e permanecem na camada inibida pelo oxigénio, mesmo após polimerização (Tay *et al.*, 2003b; Tay *et al.*, 2003c).

Laboratorialmente este fenómeno traduz-se na presença de gotas de água entre o adesivo e a resina e, clinicamente, pode significar a desunião dos materiais resinosos de núcleo de polimerização química durante os procedimentos de impressão (Dong *et al.*, 2003; Hagge e Lindemuth, 2001; O'Keefe e Powers, 2001; Sanares *et al.*, 2001; Swift *et al.*, 2001).

Por forma a ultrapassar esta incompatibilidade, os fabricantes introduziram versões de polimerização dupla destes adesivos, o que significa que foi adicionado ao sistema, um frasco com um co-iniciador químico, para que a reação de polimerização tenha lugar (Ikemura e Endo, 1999; Nyunt e Imai, 1996; Yamauchi, 1986).

2.4.10 Estabilidade dos adesivos durante o seu armazenamento

A simplificação dos adesivos levou a que os fabricantes juntassem todos os monómeros e solventes num único frasco (*etch-and-rinse* de dois passos e *self-etch* de um passo) (Van Meerbeek *et al.*, 1998a), o que torna a mistura de monómeros hidrofílicos, hidrofóbicos, solventes e água altamente complexa e suscetível à separação de fases, prejudicando a eficácia adesiva destes materiais (Carvalho *et al.*, 2003; Moszner *et al.*, 2005; Tay e Pashley, 2003b; Van Landuyt *et al.*, 2007b).

A presença de água na formulação destes adesivos pode lentamente hidrolisar as ligações éster dos monómeros dos ácidos metacrilatos e dos seus derivados (Hiraishi *et al.*, 2005; Moszner *et al.*, 2005; Nishiyama *et al.*, 2004; Salz *et al.*, 2005) diminuindo a sua concentração na solução durante o período de armazenamento no frasco, mesmo que o adesivo seja refrigerado (Salz *et al.*, 2005) e, dessa forma, diminuir a sua eficácia adesiva (Pongprueksa *et al.*, 2014; Salz e Bock, 2010). Por esse motivo, a maioria dos adesivos *all-in-one* é comercializada em dois frascos, com a água separada dos monómeros acídicos. Esta separação em dois componentes aumenta a semivida do adesivo mesmo que, na prática, obrigue a um passo adicional de mistura antes da sua aplicação (Van Meerbeek *et al.*, 2011).

Nos sistemas *self-etch* de dois passos, os monómeros metacrilato encontram-se separados dos *primers* acídicos, num componente denominado resina adesiva hidrofóbica. Esta resina adesiva é normalmente livre de água e têm uma excelente semivida.

Todavia, a água, por outro lado, impede, em ambos os sistemas, a polimerização dos monómeros durante o seu armazenamento no consultório (Cadenaro *et al.*, 2005; Jacobsen e Söderholm, 1995).

A abertura repetida do frasco do adesivo durante o seu manuseamento, pode diminuir o seu desempenho adesivo, por evaporação repetida do solvente, em especial dos solventes orgânicos mais voláteis (Perdigão *et al.*, 1999a).

3 HUMIDADE DA DENTINA

A evolução dos sistemas adesivos tem caminhado, não só, no sentido de simplificar a técnica adesiva como no sentido de reduzir a sensibilidade dos agentes adesivos à humidade da dentina, que tanto dificulta a adesão (Ferrari e Tay, 2003).

São vários os aspetos que fazem da dentina um tecido intrinsecamente húmido.

3.1 Fontes intrínsecas de humidade da dentina

Uma fração significativa do conteúdo total de água da dentina encontra-se no interior dos túbulos dentinários e constitui o fluido dentinário (Garberoglio e Brannstrom, 1976). O conteúdo hídrico é maior na dentina profunda e menor na dentina superficial porque a densidade dos túbulos e o seu próprio diâmetro aumentam com o aumento da profundidade da dentina (Garberoglio e Brannstrom, 1976; Pashley, 1991). Desta forma, a adesão à dentina mais profunda torna-se mais difícil (Garberoglio e Brannstrom, 1976; Marshall *et al.*, 1997).

O fluido dentinário encontra-se sob ligeira, mas constante pressão no sentido centrífugo à polpa, com valores de cerca de $14,1 \pm 2,5$ cm H₂O (Ciucchi *et al.*, 1995). Nesse sentido, a partir do momento em que a dentina é exposta, dá-se um movimento de fluido dentinário da polpa para a dentina que é responsável pela constante hidratação deste substrato (Pashley e Carvalho, 1997).

A *smear layer* produzida aquando da instrumentação dentinária, atua como uma barreira à passagem desse fluido, uma vez que diminui a permeabilidade da dentina, por obstrução dos orifícios dos túbulos (Pashley *et al.*, 1978b). Assim, facilmente se percebe que nos sistemas adesivos que pré-condicionam a dentina com ácido, a *smear layer* e os *smear plugs* são dissolvidos e a permeabilidade dentinária e o efluxo de fluido aumentam (Hashimoto *et al.*, 2004b; Moll e Haller, 2000; Rosales-Leal *et al.*, 2007).

Para além da dentina tubular, também a dentina intertubular constitui um reservatório de água. Ao longo das fibras colagénias, existem proteínas não colagénias tais como a fosforina, a sialoproteína dentinária e os proteoglicanos com glicosaminoglicanos. Estas moléculas são altamente energizadas e unem-se, em particular os proteoglicanos, formando um hidrogel na matriz intertubular por retenção de grandes quantidades de água, (Goldberg e Takagi, 1993). Estes hidrogéis ajudam a manter o substrato dentinário húmido (Nakabayashi e Pashley, 1998). No entanto, a água aprisionada na dentina, pode levar à redução das forças de adesão em alguns sistemas adesivos (Mazzoni *et al.*, 2008).

3.2 Fontes extrínsecas de humidade da dentina

A água presente na dentina pode também ter origem no exterior do dente, quer pela lavagem da dentina após condicionamento ácido, quer pela aplicação de adesivos que possuem água na sua constituição.

3.3 Técnica de adesão húmida

Os adesivos *etch-and-rinse* preconizam a aplicação e lavagem de um agente condicionador durante as fases iniciais do processo adesivo. De seguida, é prática recomendada secar vigorosamente o esmalte, com jato de ar, até que este adquira um aspeto esbranquiçado ou “*frosty*”. No entanto, em cavidades com exposição dentinária é difícil, senão impossível, secar o esmalte sem

secar a dentina e a secagem da dentina é o ponto mais crítico da técnica destes adesivos.

Quando a dentina é seca, a rede de fibras colagénias desmineralizadas que não estão suportadas por hidroxiapatite colapsam, o espaço entre as fibras perde-se, e fibras adjacentes entram em contacto íntimo entre si (Kanca, 1992a). Na ausência de água ou substâncias que formem pontes de hidrogénio, os péptidos do colagénio podem formar pontes de hidrogénio intermolecular, com os péptidos do colagénio vizinho, o que pode contribuir para aumentar o colapso da rede de colagénio (Gwinnett, 1994a; Maciel *et al.*, 1996) e impedir ou dificultar a adequada difusão dos monómeros de resina do adesivo e a sua subsequente hibridização na dentina (Manso *et al.*, 2008; Tay *et al.*, 1996a; Tay *et al.*, 1996e).

A técnica de adesão em dentina seca causa uma marcada redução das forças de adesão à dentina de alguns sistemas adesivos *etch-and-rinse* (Manso *et al.*, 2008; Nakajima *et al.*, 2002; Piemjai *et al.*, 2004; Reis *et al.*, 2007a).

Para colmatar as limitações da secagem da dentina foi introduzido por Kanca, em 1992, o conceito de adesão húmida que, tal como o próprio nome indica, recomenda deixar a dentina húmida, após lavagem do agente condicionador e antes da aplicação do *primer* (Kanca, 1992a; b; Van Meerbeek *et al.*, 1993a). A introdução da técnica deveu-se à constatação de que a água é um bom reumidificador e pode duplicar o valor das forças de adesão à dentina (Kanca, 1992b).

O mecanismo subjacente ao sucesso da técnica de adesão húmida é o de manter ou reexpandir a rede tridimensional de fibras de colagénio desmineralizadas. Porque a água tem uma maior afinidade para formar ligações de hidrogénio com o colagénio, do que as próprias fibras colagénias entre si, dado a sua elevada constante dielétrica e comportamento polar (Pashley *et al.*, 2001; Tay *et al.*, 1996a; Van Meerbeek *et al.*, 1998d), as ligações interpeptídicas entre o colagénio são quebradas e a água ocupa esse lugar deixando um espaço adequado entre as fibras, de modo a tornar possível

a infiltração dos monómeros adesivos (Kanca, 1992b; Maciel *et al.*, 1996; Tay *et al.*, 1996a).

A adesão húmida promove, em geral, altas forças de união (Gwinnett, 1994a; Kanca, 1996; Swift e Triolo, 1992). Todavia, se a dentina estiver excessivamente molhada, a adesão pode ficar comprometida por enfraquecimento do polímero formado (Tay *et al.*, 1996a; Tay *et al.*, 1996c; Tay *et al.*, 1996g).

No entanto, é difícil tecnicamente determinar quanta água deve ser deixada sobre a dentina: quão húmido é o húmido ou quão seco é o seco (De Munck *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2001).

O ideal seria secar a dentina sem desidratar, de modo a preservar a humidade à superfície e ainda retê-la dentro da rede de colagénio e dos túbulos dentinários. Uma das soluções encontradas preconiza a reidratação da superfície dentinária após secagem da cavidade no seguimento da obtenção do aspeto esbranquiçado do esmalte condicionado (Gwinnett, 1994a). Esta técnica parece levar a um melhor controlo do grau de humidade da dentina ao mesmo tempo que reexpande o colagénio a níveis similares aos da técnica de adesão húmida (Perdigão *et al.*, 1998; Perdigão *et al.*, 1999c). A reidratação pode ser feita pela adição de água ou de soluções aquosas de HEMA - Aqua-Prep® (Bisco, Inc.) ou Gluma Desensitizer® (Heraeus Kulzer), por exemplo. A água e o HEMA quebram as ligações de hidrogénio intermoleculares formadas durante o colapso do colagénio e ligam-se a ele, reestabelecendo o espaço entre as suas fibras e reexpandindo a sua matriz (Gwinnett, 1992; Kanca, 1992a; c; Pashley *et al.*, 1993).

A reidratação da dentina desmineralizada pode também ser conseguida com a utilização de adesivos cujo solvente principal é a água (Tay *et al.*, 1996g). Deixar a dentina húmida ou não depende, em grande parte, do tipo de solvente incorporado no *primer* que irá ser aplicado de seguida. Quanto maior a volatilidade do solvente mais importante se torna a técnica de adesão húmida (Moll e Haller, 2000; Reis *et al.*, 2003a; Tay *et al.*, 1996g).

3.4 Sensibilidade adesiva às condições de humidade da dentina

3.4.1 Estratégia de adesão

A sensibilidade dos adesivos às variações de humidade da dentina depende não só da estratégia de adesão, mas fundamentalmente da composição química do adesivo (Asmussen e Peutzfeldt, 2001a; Moll e Haller, 2000; Perdigão e Frankenberger, 2001; Tay *et al.*, 1997b).

Como referido anteriormente, os adesivos *etch-and-rinse* são os adesivos mais sensíveis às condições de humidade da dentina, quer porque necessitam, na maioria das vezes, de alguma hidratação da dentina para a infiltração dos monómeros, quer porque removem a *smear layer* tornando-se sensíveis aos efeitos da permeabilidade tubular. O efluxo do fluido tubular pode diminuir as forças adesivas destes sistemas à dentina, uma vez que pode diluir os monómeros adesivos aplicados sobre a dentina (Feitosa *et al.*, 2012b; Pashley e Carvalho, 1997), reduzir o seu grau de conversão e consequentemente diminuir as propriedades mecânicas do polímero formado (Cadenaro *et al.*, 2005; Erickson, 1992; Hotta *et al.*, 1998; Ito *et al.*, 2010; Jacobsen e Söderholm, 1995; Moll *et al.*, 2005; Pashley e Carvalho, 1997).

Os sistemas *self-etch* como não requerem a aplicação de ácido sobre a dentina e a sua subsequente lavagem, em teoria, eliminam a sensibilidade do adesivo às condições de humidade da dentina. Mais ainda, estes sistemas possuem um maior conteúdo em água e componentes hidrofílicos, como o HEMA que permitem ao adesivo reidratar a dentina seca, ao mesmo tempo que molham de forma mais profunda as fibras de colagénio (Hiraishi *et al.*, 2005; Tay e Pashley, 2003b).

Como nestes sistemas simplificados, a *smear layer* é mantida durante o processo adesivo, o preenchimento dos túbulos pelos *smear plugs* cria uma resistência ao movimento de fluido dentinário (Pashley *et al.*, 1978a), diminuindo a sobre-hidratação da dentina e a subsequente diluição dos monómeros adesivos, que pode ocorrer com a utilização dos adesivos *etch-and-rinse* (Jacques e Hebling, 2005).

3.4.2 Composição dos adesivos – tipo de solvente

Os solventes que compõem os sistemas adesivos determinam a sua sensibilidade às condições de humidade da dentina, bem como o seu desempenho adesivo a este substrato (Kanca, 1992c; Nunes *et al.*, 2001b; Reis *et al.*, 2003b; Tay *et al.*, 1997b; Van Meerbeek *et al.*, 1998d).

Os adesivos à base de água são os mais tolerantes a alguma desidratação da dentina, uma vez que são adesivos capazes de formar ligações de hidrogénio com o colagénio por forma a hidratá-lo e reexpandi-lo (Cardoso *et al.*, 2011; Jacobsen e Soderholm, 1998; Kanca, 1996; Pashley *et al.*, 2001; Van Meerbeek *et al.*, 1998a; Van Meerbeek *et al.*, 1998d). São, por isso, os adesivos ideais para utilizar quando a dentina é seca (Manso *et al.*, 2008; Reis *et al.*, 2003a; Van Meerbeek *et al.*, 1998d).

No entanto, quando a dentina se apresenta húmida, utilizar um adesivo à base de água poderá resultar em evaporação incompleta deste composto inorgânico, com a consequente diminuição das propriedades mecânicas da resina (Ito *et al.*, 2010). A água apresenta uma baixa pressão de vapor, o que a torna um solvente difícil de remover por secagem com ar (Jacobsen e Soderholm, 1998; Tay *et al.*, 1996a; Tay *et al.*, 1996b). Dessa forma, facilmente ficará aprisionada na interface adesiva, em especial quando a este solvente é adicionado HEMA, que baixa ainda mais a sua pressão de vapor (Pashley *et al.*, 1998; Van Landuyt *et al.*, 2005; Van Landuyt *et al.*, 2007b).

Quando a dentina é deixada húmida para adesão, aconselha-se a utilização de um adesivo que possua um solvente volátil, como a acetona ou o etanol, que deslocam, com maior eficácia a água da rede de colagénio desmineralizada e servem de transportadores aos monómeros de resina para os túbulos dentinários abertos e para a rede de colagénio (Becker *et al.*, 2007; Hashimoto *et al.*, 2002a; Tay *et al.*, 1996g). Os solventes são depois evaporados por secagem com jato de ar suave, deixando na dentina os monómeros ativos.

A elevada pressão de vapor da acetona faz com que este solvente seja muito eficaz na remoção de água da dentina (Gallo *et al.*, 2000; Maciel *et al.*, 1996; Saunders e Saunders, 1996; Tay *et al.*, 1996f) ou em dentina profunda

(Pegado *et al.*, 2010). De facto, quanto maior a pressão de vapor do solvente, melhor a sua capacidade para evaporar a água da superfície (Abate *et al.*, 2000; Ikeda *et al.*, 2005a; Stangel *et al.*, 2007; Van Landuyt *et al.*, 2007c).

Já quando a dentina se encontra seca, os adesivos à base de acetona reduzem a sua capacidade de interpenetrar a dentina em cerca de 50% (Hashimoto *et al.*, 2002a), dado a sua baixa capacidade de formar ligações de hidrogénio e reexpandir a matriz de colagénio colapsada (Maciel *et al.*, 1996; Pashley *et al.*, 2001; Pashley *et al.*, 2002a; Van Landuyt *et al.*, 2007b). Se a dentina for seca com jato de ar, deve ser re-humidificada antes da aplicação de um adesivo com acetona (Perdigão *et al.*, 1998; Perdigão *et al.*, 1999c), de modo a não comprometer as forças adesivas (Jacobsen e Soderholm, 1998; Kanca, 1992b; Perdigão e Frankenberger, 2001).

De modo a diminuir a sensibilidade do adesivo às condições de humidade da dentina é frequente associar diferentes solventes e dessa forma potenciar os seus efeitos. De uma forma geral, os solventes à base de água ajudam na re-humidificação da dentina, enquanto que os solventes orgânicos originam uma melhor infiltração dos monómeros na dentina e uma melhor evaporação dos agregados água/solvente orgânico do que a água pura (Cardoso *et al.*, 2011; Perdigão e Frankenberger, 2001).

Os sistemas *self-etch* são formulados com maiores quantidades de água do que os adesivos *etch-and-rinse*. A água constitui cerca de 30 a 40% em volume dos adesivos *self-etch* de um passo e cerca de 20 a 30% em volume dos sistemas *self-etch* de dois passos (Jacobsen e Söderholm, 1995). Este solvente inorgânico é responsável pela atividade autocondicionante dos adesivos *self-etch* (Hiraishi *et al.*, 2005), ioniza os grupos funcionais acídicos dos monómeros hidrofílicos e gera hidrogeniões (H_3O^+) que dissolvem os cristais de hidroxiapatite, ajudando na penetração do adesivo pela *smear layer* e na ligação do adesivo à dentina subjacente intacta (Tay *et al.*, 2000b; Tay e Pashley, 2001). Ajuda também a solubilizar os iões de cálcio e fosfato libertados durante a limitada desmineralização da dentina (Ito *et al.*, 2010).

4 DEGRADAÇÃO DA INTERFACE ADESIVA

A estabilidade da adesão entre as resinas adesivas e a dentina é de extrema importância para a durabilidade das restaurações (Okuda *et al.*, 2001).

Não obstante, independentemente da estratégia de adesão e da humidade da dentina, a interface adesiva degrada-se com o tempo (De Munck *et al.*, 2003; De Munck *et al.*, 2011; Hashimoto *et al.*, 2000; Hashimoto *et al.*, 2003b; Hass *et al.*, 2012; Mobarak e Daifalla, 2012; Okuda *et al.*, 2002; Reis *et al.*, 2004a; Reis *et al.*, 2004c; Sano *et al.*, 1999).

O mecanismo de degradação é dependente, na sua maioria, de dois grandes fatores: a degradação hidrolítica direta das fibras de colagénio não hibridizadas (Cadenaro *et al.*, 2005; Okuda *et al.*, 2001; Sano *et al.*, 1999) e a hidrólise da resina adesiva, acompanhada pela eluição dos componentes resinosos da camada híbrida e da camada de adesivo não reagidos ou hidrolisados (Hashimoto *et al.*, 2000). A hidrólise do polímero da camada híbrida parece ser o fator com maior impacto na degradação da interface e na diminuição das forças adesivas (Armstrong *et al.*, 2006; Kato e Nakabayashi, 1998).

Por definição, a hidrólise é um processo químico, dependente de água, que quebra ligações covalentes no interior dos polímeros de resina e do colagénio, resultando em perda de massa por eluição ou lixiviação para o meio oral (Ferracane, 2006). De facto, estudos *in vitro* com espécimes armazenados em óleo sofrem menos degradação da interface adesiva, corroborando a noção de que a água desempenha um papel fundamental na degradação hidrolítica (Carrilho *et al.*, 2005a; Chimeli *et al.*, 2014).

Inúmeros fatores têm sido potencialmente implicados nesse processo degradativo, como sejam, a alta permeabilidade da interface adesiva, a separação de fases do adesivo como resposta ao seu alto conteúdo hidrofílico, a não remoção completa do solvente, ou a não remoção de água da superfície da dentina (De Munck *et al.*, 2003).

4.1 Influência da estratégia de adesão

A aplicação inicial de ácido no procedimento restaurador dos sistemas *etch-and-rinse* é agressiva para a dentina e remove praticamente toda a hidroxiapatite em redor do colagénio condicionado (Van Meerbeek *et al.*, 1998d). O adesivo aplicado num passo subsequente, nem sempre consegue penetrar e infiltrar toda a dentina desmineralizada, levando ao aparecimento de áreas de colagénio desnaturado e não encapsulado por resina, na base da camada híbrida (Nakabayashi e Takarada, 1992; Sano *et al.*, 1994c; Sano *et al.*, 1995a; Spencer e Swafford, 1999). Esta região não infiltrada deixa as fibras colagénias desprotegidas e suscetíveis à degradação hidrolítica (Hashimoto *et al.*, 2003a; Hashimoto *et al.*, 2003b; Sano *et al.*, 1995a) comprometendo a adesão ao longo do tempo (Breschi *et al.*, 2008; Burrow *et al.*, 1996; Hashimoto *et al.*, 2003c; Sano, 2006). Pelo contrário, os adesivos que formam uma camada híbrida, bem impregnada e que mantêm o colagénio protegido, mostraram adesões mais duradouras (Inoue *et al.*, 2005).

Nos adesivos *self-etch*, como a desmineralização e a penetração dos monómeros no substrato dentinário ocorre simultaneamente, a quantidade de fibras de colagénio não envolvidas por polímero é reduzida (Tay e Pashley, 2001) e, por conseguinte, também a sua degradação (Itoh *et al.*, 2010; Sano *et al.*, 1999; Takahashi *et al.*, 2002a).

Quando a interface adesiva é exposta aos fluidos orais a deterioração é acelerada, especialmente como resultado dos efeitos da saliva, das enzimas produzidas pelas bactérias orais (Sano *et al.*, 1995a; Toledano *et al.*, 2007a) (Tay e Pashley, 2003b) e das enzimas endógenas da dentina, a matriz de metaloproteínases (MMP's) (Breschi *et al.*, 2008).

As MMP's são enzimas gelatinolíticas/colagenolíticas endógenas, zinco-dependentes, ativadas também pelos próprios procedimentos adesivos (Breschi *et al.*, 2008) e que podem degradar a estrutura do colagénio da interface adesiva, acelerando a sua deterioração (Marchesi *et al.*, 2014).

A matriz dentinária contém pelo menos quatro tipos de metaloproteinases: a stromelisina-1 (MMP-3), a verdadeira collagenase (MMP-8) e as gelatinases A e

B (MMP-2 e MMP-9, respetivamente) (Breschi *et al.*, 2010). O colagénio é fragmentado pela MMP-8 e degradado subsequentemente pelas MMP-2 e MMP-9 (Zhang e Kern, 2009). Existem evidências diretas de um aumento de MMP-2 e MMP-9 após aplicação dos adesivos dentinários independentemente da estratégia de adesão utilizada (*etch-and-rinse* ou *self-etch*) (Mazzoni *et al.*, 2013).

A primeira evidência de que a dentina desmineralizada por ácido podia ser degradada por estas enzimas proteolíticas foi reportada por Pashley *et al.* (2004). Estes autores verificaram que o colagénio desmineralizado, guardado em saliva artificial, livre de qualquer contaminação bacteriana, foi quase totalmente destruído após 250 dias; enquanto que os espécimes guardados na presença de uma mistura de vários inibidores de enzimas proteolíticas ou em óleo mineral puro, não revelaram nenhuma alteração morfológica após envelhecimento. As conclusões deste estudo suportam, pela primeira vez, a hipótese de que as MMP's são responsáveis pelas alterações na matriz de colagénio, desempenhando um papel relevante na estabilidade da camada híbrida ao longo do tempo. Resultados semelhantes foram encontrados, mais tarde, por outros autores (Breschi *et al.*, 2009; Carrilho *et al.*, 2007a; Loguercio *et al.*, 2009b; Stanislawczuk *et al.*, 2009).

A degradação do colagénio tem sido associada com maior ênfase à degradação da camada híbrida produzida pelos adesivos *etch-and-rinse*, provavelmente devido ao facto do condicionamento ácido expor mais matriz de dentina do que os adesivos *self-etch* (Mazzoni *et al.*, 2013). Embora o ácido fosfórico desnature parcialmente as MMP's devido ao seu baixo pH (Pashley *et al.*, 2004), as soluções adesivas colocadas de seguida, em especial os adesivos *etch-and-rinse* de dois passos e as versões mais suaves dos adesivos *self-etch* (Nishitani *et al.*, 2006), são capazes de reativar as MMP's presentes na dentina condicionada, levando à degradação das fibras de colagénio expostas, em apenas seis meses após adesão (Hebling *et al.*, 2005).

Ácidos com pH de 2,3 a 5 são os mais efetivos em ativar as gelatinases salivares num processo descrito como “acid-activation” (Tjaderhane *et al.*,

1998). Por isso, os adesivos *self-etch* suaves e ultra-suaves podem ativar MMP's latentes (via mecanismos chaves de cisteína que expõem os domínios catalíticos destas enzimas que outrora se encontravam bloqueados por pró-peptídeos) e aumentar a sua atividade perto de níveis máximos, contribuindo para a degradação da camada adesiva ao longo do tempo (Mazzoni *et al.*, 2006; Mazzoni *et al.*, 2013; Nishitani *et al.*, 2006). As MMP's parecem ser ativadas pelo adesivo e não pela estratégia de adesão, uma vez que essa ativação depende do pH do meio (Marchesi *et al.*, 2014).

4.2 Influência das condições de humidade da dentina

A água presente na dentina, é um dos fatores que mais contribui para a degradação da interface adesiva, ao longo do tempo. Assim, por forma a aumentar a estabilidade e durabilidade da interface adesiva, é necessário primeiro que tudo, perceber qual a origem dessa água e em segundo lugar, tentar eliminar os seus excessos, sem deteriorar a integridade da estrutura tridimensional da dentina (Sohn *et al.*, 2008).

A presença de água em excesso sobre a dentina, dilui os monómeros do *primer*/adesivo e reduz o seu grau de conversão (Dorfer *et al.*, 2000; Pashley *et al.*, 1993; Pioch *et al.*, 1998; Swift *et al.*, 1995b; Tay *et al.*, 1996b), o que resulta num polímero com propriedades mecânicas inferiores e na presença de monómeros livres em solução (Cadenaro *et al.*, 2005; Jacobsen e Söderholm, 1995; Pashley e Carvalho, 1997; Paul *et al.*, 1999a; Takahashi *et al.*, 2002b; Yiu *et al.*, 2004). Estes monómeros poderão ser eluídos da interface pelo efeito de lixiviação da água (Carrilho *et al.*, 2004; Sano *et al.*, 1999; Tay *et al.*, 1996d), criando novos canais para a penetração de água e desta forma levar à degradação contínua dos componentes de resina (Hashimoto *et al.*, 2000; Hashimoto *et al.*, 2003a; Malacarne *et al.*, 2006). O resultado será uma camada híbrida porosa (Hashimoto *et al.*, 2002c; Tay *et al.*, 1997a; Yiu *et al.*, 2004) e uma diminuição das forças de resistência adesivas à dentina, por parte destes adesivos (Armstrong *et al.*, 2003; Reis *et al.*, 2005; Reis *et al.*, 2007a; Takahashi *et al.*, 2002b).

Nos sistemas simplificados, independentemente da estratégia adesiva à qual pertencem, a água poderá também ser responsável por uma separação das fases hidrofílicas e hidrofóbicas da solução adesiva, com a consequente formação de bolhas de água na interface dentina/resina que reduzem o molhamento das fibras de colagénio e da porção mineralizada da dentina (Spencer *et al.*, 2000; Ye *et al.*, 2009). Após polimerização do adesivo e ao longo do tempo, as bolhas vão aumentando de tamanho e coalescem, levando à eventual delaminação da interface adesiva.

4.3 Influência da composição dos adesivos

A estabilidade da interface adesiva é também influenciada pela composição dos adesivos, em especial pelo tipo de monómero funcional e pelo tipo de solvente que o constitui (Eliades *et al.*, 2001; Malacarne *et al.*, 2006; Manso *et al.*, 2008; Pashley *et al.*, 2000; Spencer e Wang, 2002; Tay *et al.*, 1997b; Van Landuyt *et al.*, 2005).

Os sistemas *self-etch*, em especial os de um passo, apresentam uma composição mais hidrofílica que outros sistemas (Tay e Pashley, 2003b; Van Landuyt *et al.*, 2007b). Esta hidrofília da solução adesiva é responsável pela absorção de água (Burrow *et al.*, 1999; Ito *et al.*, 2005a; Tay *et al.*, 2002b) e consequentemente pela hidrólise e eluição dos componentes da camada híbrida, o que compromete a adesão ao longo do tempo, quer *in vivo* (Sano *et al.*, 1999; Takahashi *et al.*, 2002a) quer *in vitro* (Hashimoto *et al.*, 2007; Itoh *et al.*, 2010; Tanaka *et al.*, 1999).

Quando os polímeros de resina hidrofílicos absorvem água, além da maior suscetibilidade à hidrólise, também as suas propriedades mecânicas pioram porque a absorção de água resulta na plastificação e enfraquecimento da rede tridimensional do polímero (Carrilho *et al.*, 2004; Hosaka *et al.*, 2007; Ito *et al.*, 2005a; Malacarne *et al.*, 2006; Paul *et al.*, 1999a). Clinicamente, este fato pode levar ao aparecimento de margens infiltradas e pigmentadas mesmo em locais onde as restaurações não estiveram sujeitas a carga oclusal (Burrow *et al.*, 1999).

Nos sistemas adesivos autocondicionantes de dois passos, após a aplicação do *primer*, é aplicada, de forma separada, uma solução sem solvente, composta na maioria por compostos hidrofóbicos, que têm a capacidade de diminuir a permeabilidade e a absorção de água (Brackett *et al.*, 2005; Reis *et al.*, 2008; Reis *et al.*, 2009).

Apesar de se terem acrescentado metacrilatos hidrofóbicos aos adesivos *self-etch* de um passo, de forma a conseguir produzir redes de polímeros inter cruzados, os monómeros hidrofílicos têm tendência a juntar-se em *clusters* antes da polimerização e criar domínios hidrofílicos, como gotículas de água (Eliades *et al.*, 2001; Spencer e Wang, 2002). Para que se misturem monómeros com diferentes graus de acidez e hidrofílicas é necessário adicionar à mistura adesiva uma grande quantidade de solvente. No entanto, como já foi referido, a quantidade de solvente interfere nas propriedades mecânicas do polímero formado (Hotta *et al.*, 1998; Reis *et al.*, 2005) e a sua remoção incompleta impede o adequado grau de conversão das resinas (Jacobsen e Söderholm, 1995). Desse modo, é muito importante promover a completa evaporação do solvente antes da polimerização dos adesivos, especialmente quando se fala de adesivos *self-etch* de um só passo (Luque-Martinez *et al.*, 2014).

A baixa pressão de vapor da água, como referido anteriormente, faz com que este solvente seja de difícil remoção (Van Landuyt *et al.*, 2005), pelo que é normalmente associado à solução adesiva um solvente mais volátil, para que a sua evaporação seja melhorada. Mesmo assim, quando solventes voláteis como o etanol ou a acetona começam a evaporar, quebra-se o equilíbrio solvente/monómero, e a água tende a separar-se dos outros componentes do adesivo acumulando-se água na camada adesiva (De Vito Moraes *et al.*, 2011; Van Landuyt *et al.*, 2005). Quando o adesivo é polimerizado, estas bolhas de água ficam presas na camada adesiva, prejudicando a eficácia da adesão (Cardoso *et al.*, 2011; Van Landuyt *et al.*, 2005; Van Landuyt *et al.*, 2007a; Van Landuyt *et al.*, 2008a).

A molécula de HEMA tem a capacidade de reter água em forma de hidrogéis (poli-HEMA) (Jacobsen e Söderholm, 1995; Pashley *et al.*, 1998). Estes hidrogéis podem ficar aprisionados na camada de adesivo e servirem de zonas de atração de mais água, mesmo após polimerização do adesivo, justificando o fato destes adesivos serem considerados membranas permeáveis mesmo após polimerização (Tay *et al.*, 2002b; Tay *et al.*, 2004a; Tay *et al.*, 2004b). A perda da resina interfibrilhar pode ser causada pela lenta hidrólise do poli-HEMA (Hashimoto *et al.*, 2003a).

Como o HEMA consegue manter os monómeros em solução, consegue substituir parte da concentração de solvente e assim reduzir a separação de fases características dos adesivos que misturam componentes hidrofílicos, hidrofóbicos e solventes na mesma solução (Salz *et al.*, 2005; Spencer e Wang, 2002; Van Landuyt *et al.*, 2005; Van Landuyt *et al.*, 2007b; Van Landuyt *et al.*, 2008a). Daí que, adesivos *self-etch* sem HEMA apresentem maior separação de fases dos constituintes e, em teoria, possam sofrer uma maior degradação ao longo do tempo. No entanto, paradoxalmente, grandes quantidades de HEMA levam à sorção de água referida anteriormente (Van Landuyt *et al.*, 2007a) e resultam em camadas de adesivo mais finas, uma vez que o HEMA diminui a viscosidade da mistura o que, pelo efeito de inibição da polimerização pelo oxigênio, piora as propriedades mecânicas do adesivo (Hotta *et al.*, 1998; Nunes *et al.*, 2005).

Em suma, por forma a aumentar a estabilidade e durabilidade da interface adesiva, é necessário remover toda a água ou outro solvente em excesso da dentina e tentar substituir os monómeros hidrofílicos por monómeros mais hidrofóbicos que consigam resistir à hidrólise (Sohn *et al.*, 2008).

4.4 Outros fatores que afetam a degradação da interface adesiva

Clinicamente, a degradação pode ser acelerada por influência de fatores físicos como a tensão térmica e oclusal (Hashimoto *et al.*, 2000; Hashimoto *et al.*, 2002c; Kanemura *et al.*, 1999).

As forças oclusais a que as restaurações estão sujeitas podem dirigir tensão mecânica para a interface adesiva e causar-lhe dano (Van Meerbeek *et al.*, 1998a). As alterações térmicas intra-orais podem induzir ciclos repetidos de contração e relaxamento na interface adesiva, como resultado do alto coeficiente de contração/expansão térmica dos materiais restauradores, quando comparado com o da estrutura dentária (Gale e Darvell, 1999).

5 AVANÇOS NA TÉCNICA ADESIVA À DENTINA

A investigação científica tem mostrado haver caminho para melhorar ainda mais a técnica adesiva, bem como o desempenho dos adesivos. Este esforço tem sido levado a cabo quer clinicamente modificando atitudes adesivas, quer através da introdução de modificações nas formulações dos sistemas adesivos por parte dos fabricantes.

5.1 Medidas para melhorar a técnica adesiva

5.1.1 Técnica de adesão húmida em etanol

A técnica de adesão húmida em etanol consiste em trocar de forma gradual o conteúdo hídrico da dentina desmineralizada por concentrações ascendentes de etanol (Pashley *et al.*, 2011a). Em teoria, esta técnica desidrata quimicamente a dentina desmineralizada e contrai lateralmente as fibras de colagénio, resultando num aumento do espaço interfibrilhar que potencia a penetração dos monómeros de resina, ao mesmo tempo que torna a dentina menos hidrofílica (Huang *et al.*, 2011) permitindo ligar monómeros hidrofóbicos com maior afinidade (Pashley *et al.*, 2007; Sadek *et al.*, 2008b). O superior selamento da dentina parece protegê-la da atividade das collagenases endógenas (Hosaka *et al.*, 2009).

Ao contrário da técnica de adesão húmida em água, a técnica de adesão húmida em etanol não apresenta sinais de separação de fases e de

permeabilidade da interface adesiva (Sauro *et al.*, 2011), uma vez que minimiza a captação de água pelo adesivo hidrofóbico polimerizado (Cadenaro *et al.*, 2008; Pashley *et al.*, 2011a) e dessa forma reduz a degradação da camada híbrida (Pashley *et al.*, 2007; Sadek *et al.*, 2010b).

A técnica húmida em etanol tem sido associada a maior estabilidade da adesão ao longo do tempo, mesmo em sistemas adesivos que não desmineralizam de forma profunda a dentina. Estes sistemas, apesar de não necessitarem de uma dentina húmida para a adesão, possuem elevadas concentrações de monómeros hidrofílicos que são sensíveis à degradação ao longo do tempo (Ahn *et al.*, 2015). Pelo facto do etanol substituir a água na dentina desmineralizada, leva também a que, de forma indireta, prolongue a durabilidade da adesão, uma vez que as MMP's não são ativadas sem água (Perdigão *et al.*, 2013a).

Embora esta técnica seja promissora, o protocolo é bastante moroso e tecnicamente sensível. Protocolos alternativos simplificados foram tentados, com a utilização simples de 100% de etanol, para abreviar o procedimento associado à utilização de concentrações ascendentes mas sem sucesso (Sadek *et al.*, 2010a).

5.1.2 Aplicação de uma resina hidrofóbica sobre os adesivos hidrofílicos

A adição de uma resina hidrofóbica sobre os adesivos simplificados melhora o seu desempenho adesivo (Brackett *et al.*, 2005; Muñoz *et al.*, 2014) e reduz a sua degradação, quer *in vitro* (Reis *et al.*, 2008), quer *in vivo* (Reis *et al.*, 2009).

A colocação desta camada adicional disponibiliza mais monómeros hidrofóbicos não solvatados e de dupla ligação à solução adesiva, diminuindo a concentração de solvente residual e de monómeros não reagidos na interface adesiva (Muñoz *et al.*, 2014). Desse modo, reduz a separação de fases e a sorção de água do adesivo (Brackett *et al.*, 2005; Spencer e Wang, 2002; Van Landuyt *et al.*, 2005). O grau de conversão do polímero formado será maior (Muñoz *et al.*, 2014) e essa melhoria nas suas propriedades mecânicas, traduzir-se-á numa melhoria das forças adesivas à dentina, por parte dos

adesivos simplificados e numa maior estabilidade dessa adesão ao longo do tempo. Note-se que, os sistemas adesivos simplificados de um passo, formam camadas adesivas finas suscetíveis à inibição da polimerização pelo oxigénio (Nunes *et al.*, 2005).

Sezinando *et al.* (2012) avaliaram as forças adesivas de sistemas com e sem aplicação de uma camada de adesivo separada e verificaram que, após seis meses de envelhecimento, as forças adesivas foram maiores para os sistemas adesivos aos quais era aplicada uma camada separada de resina hidrofóbica. Estes resultados foram encontrados também por outros autores, quer *in vitro* (Albuquerque *et al.*, 2008; Feitosa *et al.*, 2012a; Frankenberger *et al.*, 2001; Reis *et al.*, 2008), quer *in vivo* (Reis *et al.*, 2009).

A resistência à degradação hidrolítica conferida pela adição dos monómeros hidrofóbicos à interface adesiva é tão mais importante quanto mais exposta está a interface dentina/resina, sem a barreira protetora do esmalte (De Munck *et al.*, 2003).

Apesar dos benefícios, a colocação de uma camada extra hidrofóbica adiciona mais um passo técnico a um adesivo publicitado como o mais simples do mercado.

5.1.3 Aplicação de camadas de adesivo extra

A dupla aplicação de adesivo, recomendada por alguns fabricantes de adesivos *etch-and-rinse* de dois passos, tem mostrado promover uma considerável melhoria na resistência de união à dentina (Hashimoto *et al.*, 2004c; Pashley *et al.*, 2002c; Toledano *et al.*, 2007c) e uma diminuição da nanoinfiltração (Hashimoto *et al.*, 2004c; Reis *et al.*, 2008). O objetivo será conseguir uma retenção micromecânica extra dos monómeros resinosos na rede de colagénio. A primeira camada terá as funções de um *primer* e substituirá a água da dentina por monómeros resinosos. A camada adicional removerá a água adicional, ajudará a evaporar o solvente e aumentará a concentração de monómeros adesivos na rede de colagénio. Hashimoto *et al.* (2004a) demonstraram que as forças de adesão, de dois adesivos *etch-and-*

rinse de dois passos - o Single Bond (3M, ESPE, Dental Products Division, St. Paul, MN, EUA) e o Optibond SOLO Plus (Kerr Corporation) - se elevaram, quando o número de camadas de adesivo se incrementou para quatro.

Nos adesivos *self-etch* de um passo, esta camada extra de adesivo renova os monómeros acídicos em contacto com a dentina e resultará numa infiltração mais uniforme do adesivo na dentina coberta por *smear layer* (Frankenberger *et al.*, 2001; Pashley *et al.*, 2002c) e num aumento da sua desmineralização (Suyama *et al.*, 2013; Van Meerbeek *et al.*, 2011). Nos adesivos *self-etch* agressivos, no entanto, pode resultar numa sobredesmineralização do substrato dentinário e na exposição de mais fibras de colagénio e, por conseguinte, acelerar a degradação da adesão ao longo do tempo por degradação enzimática (Sano *et al.*, 1994c; Taschner *et al.*, 2014).

Além dos efeitos sobre a resistência adesiva, o aumento da espessura do adesivo resultante da aplicação de mais do que uma camada, diminui o efeito da inibição da polimerização pelo oxigénio, característico dos filmes de adesivo finos (Nunes *et al.*, 2005) e diminui o efeito negativo da contração de polimerização das resinas compostas sobre a interface adesiva. A tensão de contração de polimerização gerada durante a colocação das resinas compostas, contribui para o aparecimento de fendas marginais na interface adesiva e essa tensão é significativamente absorvida quando se aplica uma espessura maior de um adesivo de baixa rigidez (Choi *et al.*, 2000).

Camadas adesivas espessas parecem ainda diminuir a sensibilidade pós-operatória, uma vez que proporciona a formação de uma camada flexível entre a estrutura dentária e o material restaurador (Christensen, 2002).

5.1.4 Aplicação ativa do adesivo

A aplicação ativa do adesivo consiste em esfregar a solução adesiva sobre a dentina, aquando da sua aplicação e tem por objetivo levar novos monómeros à dentina subjacente.

A aplicação ativa dos adesivos *self-etch*, promove uma desmineralização mais agressiva da *smear layer* e da dentina subjacente, melhorando a retenção micromecânica do adesivo (do Amaral *et al.*, 2010; Loguercio *et al.*, 2011b; Reis *et al.*, 2007b; Zander-Grande *et al.*, 2014), ao mesmo tempo que promove um contacto mais íntimo entre os monómeros funcionais e a hidroxiapatite (Amaral *et al.*, 2009; Zhang e Wang, 2013) podendo dessa forma aumentar a sua retenção ao substrato dentinário (Loguercio *et al.*, 2011b; Pleffken *et al.*, 2011).

Nos sistemas *etch-and-rinse*, a aplicação ativa do adesivo melhora a profundidade de penetração dos monómeros de resina nas fibras de colagénio desmineralizadas e aumenta a qualidade da camada híbrida (Dal-Bianco *et al.*, 2006; Jacobsen e Soderholm, 1998) mesmo quando a dentina se encontra desidratada após secagem, diminuindo por isso a sensibilidade destes adesivos às condições de humidade da dentina (Dal-Bianco *et al.*, 2006).

5.1.5 Evaporação do solvente

Técnicas que melhorem a evaporação do solvente têm sido propostas com o objetivo de eliminar o aprisionamento de solvente residual na interface adesiva e consequentemente os seus efeitos negativos sobre o desempenho dos sistemas adesivos. São exemplo de técnicas com este propósito, a aplicação ativa do adesivo e o aumento do tempo de evaporação do solvente.

A aplicação ativa dos adesivos sobre a superfície dentinária, mobiliza os monómeros do adesivo contra o substrato, de modo a libertar e evaporar o seu solvente. A evaporação adequada do solvente, aproxima os monómeros ativos do adesivo, potenciando o seu grau de conversão e a formação de ligações cruzadas entre os polímeros (Cadenaro *et al.*, 2009b; Ikeda *et al.*, 2005a; Paul *et al.*, 1999a).

Esta técnica deve ser recomendada na aplicação de todos os sistemas adesivos, mas em especial nos que apresentam solventes com uma baixa pressão de vapor e por conseguinte dificuldade de evaporação espontânea (Van Landuyt *et al.*, 2007b) ou ainda, em adesivos com elevadas

concentrações de solventes, como os adesivos *etch-and-rinse* de dois passos ou nos adesivos *self-etch* de passo único, que apresentam uma maior concentração de solvente (do Amaral *et al.*, 2010).

Outra forma de potenciar a evaporação do solvente é por aumento do seu tempo de evaporação. Alguns estudos demonstram que evaporar os adesivos durante 3 a 5 s, conforme recomendado pelos fabricantes, é pouco tempo para remover pelo menos metade do solvente (Yiu *et al.*, 2005). Deve ser dado mais tempo para que o solvente residual não fique aprisionado na camada de adesivo e na camada híbrida, onde reduzirá as propriedades mecânicas do polímero formado e tornará a interface adesiva mais suscetível à degradação (Pashley *et al.*, 2011a). Luque-Martinez *et al.* (2014) recomendam a evaporação do solvente por cerca de 25 s. O adesivo deve ser seco até que a solução fique brilhante e sem movimento aparente do seu líquido.

Todavia, todos esses procedimentos exigem maior tempo clínico para a aplicação do adesivo, atenuando deste modo a simplificação da técnica adesiva.

Independentemente das abordagens sugeridas, a experiência clínica de cada operador deve ser sempre tida em consideração na aplicação individualizada da técnica a cada contexto clínico.

5.1.6 Modo de polimerização da resina composta colocada sobre o adesivo

O modo de polimerização da resina composta colocada sobre o adesivo polimerizado é também um fator a ter em consideração. As consequências da permeabilidade da camada de adesivo serão tanto maiores, quanto mais tempo decorrer entre a aplicação e polimerização da resina composta colocada sobre ele. Durante a lenta polimerização dos sistemas de dupla polimerização ou com a utilização de sistemas de polimerização retardada, bolhas de água pequenas e múltiplas são formadas entre a zona inibida pelo oxigénio do adesivo e a resina composta (Hotta *et al.*, 1998; Tay *et al.*, 2004b), uma vez que existe tempo suficiente para a água se difundir da dentina hidratada para o

adesivo. As resinas compostas devem ser polimerizadas logo que aplicadas, em especial para todos os adesivos *self-etch* de um passo (Tay *et al.*, 2002b; Van Landuyt *et al.*, 2007a). Para os adesivos *etch-and-rinse* de três passos ou adesivos *self-etch* de dois passos o atraso na polimerização não afeta as suas forças adesivas, pois existe uma camada de resina hidrofóbica entreposta (Tay *et al.*, 2002b).

5.2 Medidas para melhorar os sistemas adesivos

Os fabricantes por vezes acrescentam ingredientes específicos às suas formulações de forma a potenciar a ação dos seus adesivos.

5.2.1 Introdução de monómeros específicos

10-MDP

O monómero funcional 10-MDP (comercializado até há cerca de 5 anos somente nos produtos da Kuraray Corporation) é um monómero ácido que garante ao adesivo a capacidade de desmineralizar a dentina, ao mesmo tempo que adere quimicamente à estrutura dentária (Fukeygawa *et al.*, 2006; Yoshida *et al.*, 2012b). Liga-se, ao esmalte e à dentina, de forma mais eficaz do que outros monómeros funcionais como o 4-META, o fenil-P (Yoshida *et al.*, 2004; Yoshihara *et al.*, 2010) ou alguns monómeros fosfonados (Yoshihara *et al.*, 2011b). A ligação é rápida (cerca de 20 s após a sua aplicação) e o sal formado (Ca-MDP) é muito estável e resistente à hidrólise (Van Landuyt *et al.*, 2008b).

O MDP liga-se ao cálcio da hidroxiapatite por substituição do ião fosfato e é adsorvido sobre a dentina numa camada regular e estruturada, também denominada de *nanolayering* ou nanocama (Yoshihara *et al.*, 2010; Yoshihara *et al.*, 2011a; Yoshihara *et al.*, 2011b). Cada camada consiste em duas moléculas de 10-MDP com os seus grupos metacrilato direcionados entre si e os seus grupos funcionais de monofosfato de hidrogénio direcionados para longe um do outro e ligados quimicamente ao cálcio solubilizado da

hidroxiapatite (Yoshida *et al.*, 2012b). Uma vez que o sal formado apresenta uma dissolução muito baixa, acredita-se que esta ligação química e a estrutura em nanocamadas, melhorem a interface adesiva e em particular a sua estabilidade ao longo do tempo, não só pela natureza hidrofóbica das nanocamadas, que poderá reduzir a degradação da camada híbrida mas também pela proteção direta do colagénio circundante e pelo aumento da resistência à desmineralização ácida da hidroxiapatite residual (Yoshida *et al.*, 2012b; Yoshihara *et al.*, 2011b).

Desta forma, esta interação química não parece aumentar as forças imediatas dos adesivos à dentina, mas sim a durabilidade da sua adesão (Erhardt *et al.*, 2011; Inoue *et al.*, 2005; Yoshida *et al.*, 2012b), o que pode explicar o bom desempenho clínico encontrado em alguns adesivos *self-etch*, que contêm esta molécula (Peumans *et al.*, 2005; Peumans *et al.*, 2010).

Ácido polialquenoico

O ácido polialquenoico é um copolímero introduzido pela primeira vez na composição do cimento de ionómero de vidro modificado por resina - Vitrebond (3M, ESPE, Dental Products Division, St. Paul, MN, EUA) sendo por isso, também denominado de copolímero do Vitrebond ou VCP. Este copolímero, tal como o 10-MDP, adere quimicamente ao cálcio da hidroxiapatite por intermédio dos seus grupos carboxílicos que substituem os iões fosfato no substrato (Lin *et al.*, 1992; Mitra *et al.*, 2009).

Esta ligação química foi a razão pela qual o seu fabricante o introduziu na formulação dos adesivos dentários. No entanto, apesar de ser conhecido que cerca de 35 a 50% dos grupos carboxílicos do polímero se ligam à hidroxiapatite (Lin *et al.*, 1992), desconhece-se, no entanto, a quantidade de polímero necessária para uma adesão eficaz (Perdigão *et al.*, 2013b).

Os adesivos que possuem este copolímero na sua constituição, resultam numa maior resistência aos efeitos das condições de humidade da dentina e num aumento da sua resistência à fadiga mecânica (Toledano *et al.*, 2006).

Outros monómeros

A utilização de materiais obliterantes pulpares, tal como o ácido modificado de oxalato ou poliglutâmico (PADC) que parece melhorar as forças dos adesivos hidrofóbicos à dentina, em particular em dentina profunda (Sadek *et al.*, 2007), ou mesmo a substituição de monómeros hidrofílicos por monómeros mais estáveis, como ácidos acrílico-fosfóricos, bisacrilamidas ou organofosfato silanos reforçados, têm mostrado ser menos sensíveis à degradação hidrolítica (Vuorinen *et al.*, 2011).

Os monómeros de metacrilaminas têm sido utilizados em substituição dos monómeros metacrilato em alguns produtos comerciais, uma vez que aquelas são mais estáveis hidroliticamente. As metacrilaminas têm um grupo amina em vez de éster, que é mais resistente à água (Anusavice *et al.*, 2013).

5.2.2 Introdução de agentes antibacterianos

Segundo alguns autores o condicionamento ácido dos adesivos *etch-and-rinse* e o baixo pH dos adesivos *self-etch* exibem alguma atividade antimicrobiana a curto prazo.

No entanto, a introdução de agentes antibacterianos nos adesivos parece promissora uma vez que poderá impedir a falha da restauração por infiltração de bactérias, mesmo em adesivos que apresentam forças adesivas elevadas (Esteves *et al.*, 2010; Herrera *et al.*, 2000; Imazato, 2003; Imazato *et al.*, 2006).

Alguns compostos têm sido falados com esse propósito, tais como o glutaraldeído, o flúor, o brometo de piridinium metacrilóiloxidodecil (MDPB), o cloreto de amónia metacriloxiletil-cetil-dimetil (DMAE-CB) (Moszner *et al.*, 2005; Turkun *et al.*, 2005) e a clorhexidina.

O monómero MDPB, possui uma grande atividade contra bactérias cariogénicas, tais como *Streptococcus mutans*, *Lactobacillus casei* e *Actinomyces naeslundii*. Este monómero é um composto de amónia quaternária que se copolimeriza com monómeros presentes no adesivo e

permanence imobilizado dentro da matriz polimérica. O seu efeito antibacteriano ocorre por contacto direto com as bactérias (Imazato *et al.*, 2007). Quer o MDPB, quer o DMAE-CB levam à rutura da membrana celular das bactérias. No entanto, essa afinidade não é seletiva para as membranas celulares das bactérias, constituindo um problema sério no que diz respeito à toxicidade destes monómeros (Li *et al.*, 2009).

Outro agente antibacteriano frequentemente introduzido nos adesivos é o flúor; no entanto, o MDPB tem um efeito antibacteriano superior e inativa as bactérias mais eficazmente (Imazato *et al.*, 2006; Turkun *et al.*, 2005).

O glutaraldeído, para além do seu efeito antibacteriano, previne a dor pós-operatória e estabiliza as fibras de colagénio na camada híbrida de modo a melhorar a durabilidade da adesão. No entanto, este composto é conhecido pela sua toxicidade, alergogenicidade e ainda pelos seus efeitos mutagénicos (Van Landuyt *et al.*, 2007b; Walter *et al.*, 2008).

Apesar da atividade antibacteriana dos adesivos ser difícil de manter ao longo do tempo (Feuerstein *et al.*, 2007) e de alguns produtos, com ação antibacteriana, apresentarem algum potencial tóxico, não parece que a sua inclusão, prejudique as forças de adesão (Andre *et al.*, 2015; Imazato *et al.*, 2007), nem aumente a sensibilidade pós-operatória (Turkun *et al.*, 2005). A sua utilidade poderá residir na redução dos efeitos patogénicos bacterianos sobre os tecidos dentários, melhorando inclusivamente o prognóstico da cárie. Impõe-se por isso, que a investigação de materiais dentários também evolua neste campo.

5.2.3 Introdução de agentes inibidores das MMP's

Recentemente, tem sido proposta a introdução de inibidores de MMP's, por forma a estabilizar a interface adesiva e diminuir a hidrólise do colagénio (Breschi *et al.*, 2008; Breschi *et al.*, 2009; Breschi *et al.*, 2010; Epasinghe *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2011; Mazzoni *et al.*, 2006; Mazzoni *et al.*, 2013; Niu *et al.*, 2011; Osorio *et al.*, 2013; Tezvergil-Mutluay *et al.*, 2013; Tjaderhane *et al.*, 2013b).

A cloroheixidina, aplicada numa concentração entre 0,2 e 2%, para além do seu efeito antibacteriano, inibe as MMP's e outras enzimas colagenolíticas presentes na dentina, como as catepsinas de cisteína (Asmussen e Peutzfeldt, 2001b; Hebling *et al.*, 2005). No entanto, quando utilizada diretamente na constituição dos *primers*, pode diminuir as propriedades mecânicas dos polímeros formados (Cadenaro *et al.*, 2009a). Outra desvantagem da cloroheixidina é a potencial pigmentação associada à sua utilização (Hase *et al.*, 1995).

O MDPB, potente agente antibacteriano é também um inibidor das MMP's. O MDPB pode ter sido o responsável pela diminuição da degradação, *in vitro* e *in vivo*, da interface dentina/resina do adesivo *self-etch* Clearfil Protect Bond (Kuraray Noritake Dental Corporation, Tóquio, Japão), face a um adesivo *self-etch* desprovido de MDPB (Clearfil SE Bond) (Donmez *et al.*, 2005).

O glutaraldeído, outro agente antibacteriano já referido, bloqueia a mobilidade das MMP's por reticulação e é utilizado já como componente de alguns sistemas adesivos (Munksgaard e Asmussen, 1984).

O EDTA, frequentemente utilizado como irrigante canalar, é um potente agente quelante e dessa forma inibe as MMP's, por quelação do zinco (Osorio *et al.*, 2011; Thompson *et al.*, 2012).

Outra forma de inibir estas endogenases é a adição aos adesivos de galardina, um inibidor sintético das MMP's e com uma atividade potente contra as MMP-2 e MMP-9 (Breschi *et al.*, 2010). O ácido ascórbico é um antioxidante solúvel em água e tem uma ação inibitória na atividade da MMP-2 (Erhardt *et al.*, 2011).

Tendo em conta que as MMP's são hidrolases, a presença de água é uma condição necessária para ocorrer hidrólise das ligações peptídicas nas moléculas de colagénio (Pashley *et al.*, 2004; Toledano *et al.*, 2007b). Desta forma, o processo de degradação é acelerado pela remoção incompleta da água da superfície da dentina e pela difusão de água associada aos monómeros de resina hidrofílicos (Toledano *et al.*, 2007a).

6 ADESIVOS UNIVERSAIS

Com a expiração da patente da molécula de 10-MDP pertencente à Kuraray Corporation, surge no mercado, em 2011, uma nova família de sistemas adesivos com potencial ligação química à estrutura dentária.

São adesivos *self-etch* monocomponentes denominados universais, *multi-mode* ou *multi-purpose*, fruto da versatilidade de utilizações que apresentam. Podem ser aplicados sobre a estrutura dentária segundo uma estratégia *etch-and-rinse* ou *self-etch* ou em alternativa como adesivos *self-etch* precedidos de condicionamento seletivo do esmalte com ácido fosfórico, combinando assim as vantagens dos adesivos *etch-and-rinse* em esmalte, com a aplicação simplificada dos *self-etch* em dentina, permitindo, desta forma, uma ligação química adicional aos cristais de apatite.

Para além de aderirem à estrutura dentária, a maioria dos adesivos universais pode ainda aderir a alguns substratos indiretos, como às cerâmicas de vidro à base de sílica, à alumina, à zircónia ou ao metal, sem a aplicação extra de um *primer*. Desta forma, garantem ao clínico a flexibilidade de abordar diferentes situações clínicas e substratos (Hanabusa *et al.*, 2012; Perdigão *et al.*, 2012b), utilizando o mesmo adesivo.

O adesivo Scotchbond Universal, da 3M (3M, ESPE, Dental Products Division, St. Paul, MN, EUA) foi o primeiro adesivo universal comercializado, em 2011, e, por conseguinte, tem sido o adesivo universal mais citado na literatura. Desde então vários outros adesivos universais surgiram.

A evidência científica atual sobre o desempenho clínico e laboratorial destes novos materiais é ainda escassa.

Apesar de promissores, são adesivos hidrofílicos e, geralmente, com elevadas concentrações de água que, à semelhança dos adesivos *self-etch* convencionais, levantam dúvidas à comunidade científica acerca da sua permeabilidade e da sua estabilidade ao longo do tempo.

Tendo em conta que esta nova família de adesivos se liga quimicamente ao cálcio da hidroxiapatite, a aplicação prévia de ácido parece controversa na

medida em que, se a dentina é desmineralizada antes da aplicação do adesivo, parte do conteúdo mineral é removido.

Embora os fabricantes afirmem que os adesivos universais apresentam, de um modo geral, igual desempenho em dentina húmida e em dentina seca, subsistem ainda dúvidas de qual a hidratação dentinária ideal para o processo adesivo. Será que também para os sistemas adesivos universais, na estratégia *etch-and-rinse*, a dentina também deva ser deixada húmida para que a rede de fibras de colagénio desmineralizadas não colapse? Ou serão, a água e os componentes hidrofílicos presentes nos novos adesivos universais, suficientes para reexpandir a rede de colagénio seca?

Para alguns autores, se a estratégia *self-etch* for a utilizada, a humidade da dentina deixa de constituir um problema. Todavia, desconhece-se o impacto no desempenho adesivo, que os adesivos universais aplicados na estratégia *self-etch* sofrem em função do grau de humidade da dentina.

Além do mais, desconhece-se a exata influência da humidade da dentina na qualidade da interface adesiva e na estabilidade das forças de resistência adesiva ao longo do tempo.

II. Objetivos e delineamento geral do estudo

O objetivo principal deste trabalho é contribuir para um conhecimento mais profundo sobre a adesão dos adesivos universais à dentina, em particular sobre o efeito do pré-condicionamento ácido e da condição de humidade da dentina no desempenho destes novos adesivos. Pretende-se ainda avaliar o efeito do envelhecimento artificial em água, a médio-longo prazo nestes adesivos, de modo a poder inferir sobre a durabilidade da sua adesão à dentina.

O presente trabalho laboratorial comparativo analítico foi realizado em terceiros molares humanos e pretende avaliar o desempenho dos adesivos universais Scotchbond Universal (3M ESPE, Neuss, Alemanha), Futurabond U (Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha) e Adhese Universal (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), sob três diferentes perspetivas: quantificação das forças de resistência adesiva à dentina, com recurso a testes de microtração; avaliação da capacidade de selamento da interface adesiva produzida por estes adesivos, com recurso a testes de nanoinfiltração e estudo ultramorfológico da interface adesiva, com recurso a microfotografias obtidas em FEG-SEM (*Field emission scanning electron microscopy* ou microscopia eletrónica de varrimento de alta resolução), quando estes adesivos são utilizados segundo diferentes estratégias de adesão (*etch-and-rinse versus self-etch*) e diferentes condições de humidade da dentina (dentina húmida *versus* dentina seca). Os mesmos parâmetros serão também avaliados para dois adesivos utilizados como controlo de cada uma das estratégias de adesão, os adesivos Clearfil SE Bond (Kuraray Corporation) e o adesivo Optibond SOLO Plus (Kerr Corporation).

Considerando todos os adesivos universais e os adesivos controlo foram assim constituídos 16 grupos de estudo, de acordo com as combinações possíveis entre tipo de adesivo/estratégia de adesão e estado de humidade da dentina imediatamente antes da aplicação do adesivo, conforme discriminado na tabela 1.

Tabela 1 - Constituição dos grupos de estudo de acordo com a combinação adesivo/estratégia de adesão utilizada e condição de humidade da dentina imediatamente antes da aplicação do adesivo.

Adesivo/ Estratégia de Adesão		Condição de humidade da dentina	Grupo
Scotchbond Universal (SU)	<i>Self-etch</i> (SE)	Húmida (H)	SU-SE-H
		Seca (S)	SU-SE-S
	<i>Etch-and-rinse</i> (ER)	Húmida (H)	SU-ER-H
		Seca (S)	SU-ER-S
Futurabond U (FU)	<i>Self-etch</i> (SE)	Húmida (H)	FU-SE-H
		Seca (S)	FU-SE-S
	<i>Etch-and-rinse</i> (ER)	Húmida (H)	FU-ER-H
		Seca (S)	FU-ER-S
Adhese Universal (AU)	<i>Self-etch</i> (SE)	Húmida (H)	AU-SE-H
		Seca (S)	AU-SE-S
	<i>Etch-and-rinse</i> (ER)	Húmida (H)	AU-ER-H
		Seca (S)	AU-ER-S
Clearfil SE Bond (CL)	<i>Self-etch</i> (SE)	Húmida (H)	CL-SE-H
		Seca (S)	CL-SE-S
Optibond SOLO Plus (OS)	<i>Etch-and-rinse</i> (ER)	Húmida (H)	OS-ER-H
		Seca (S)	OS-ER-S

Os diferentes grupos formados foram avaliados em diferentes janelas temporais, de modo a avaliar o desempenho laboratorial destes adesivos após envelhecimento artificial.

III. Estudos Laboratoriais

1 ESTUDO LABORATORIAL DE RESISTÊNCIA ADESIVA

1.1 Introdução

Os testes de resistência adesiva são os testes mais utilizados para avaliar *in vitro* a capacidade dos sistemas adesivos em estabelecer uma união entre o material restaurador e a dentina (Eckert e Platt, 2007; Goracci *et al.*, 2004; Tay e Pashley, 2003b). A razão reside no facto de que quanto maior a capacidade adesiva de um material melhor deverá ser o seu desempenho clínico e a sua durabilidade (Armstrong *et al.*, 2010; Camargo *et al.*, 2007).

Os ensaios clínicos são os que melhor inferem sobre o desempenho dos sistemas adesivos (De Munck *et al.*, 2005b; Phrukkanon *et al.*, 1998; Swift *et al.*, 1995b; Van Meerbeek *et al.*, 2003b). Contudo, tais estudos, além de caros e muito morosos, normalmente não são compatíveis com o rápido desenvolvimento de novos adesivos (Perdigão e Frankenberger, 2001), sendo habitual que os fabricantes introduzam no mercado novos produtos antes mesmo de tais estudos clínicos estarem completos (Van Meerbeek *et al.*, 2003b).

Para tentar colmatar as desvantagens dos estudos clínicos são utilizados frequentemente testes laboratoriais. Estes testes permitem testar uma só variável e manter constantes todas as outras (De Munck *et al.*, 2005b; Van Meerbeek *et al.*, 2003b) e são, de alguma forma preditores do comportamento clínico dos adesivos (Heintze *et al.*, 2011; Loguercio *et al.*, 2015a; Mena-Serrano *et al.*, 2013; Perdigão *et al.*, 2014a; Van Meerbeek *et al.*, 2010).

Laboratorialmente, as forças adesivas podem ser avaliadas de forma estática, com os testes a tensões de corte ou de tração, ou de forma dinâmica com os testes de fadiga a alterações térmicas ou cargas mecânicas cíclicas (Van Meerbeek *et al.*, 2010). Os testes de corte e de tração podem ainda ser divididos em macro ou microtestes, consoante a área de teste seja maior ou menor do que 3 mm², respetivamente (Van Meerbeek *et al.*, 2010).

Reduzir a área de teste tem vantagens do ponto de vista da adesão, pois quanto menor essa área, menores serão os seus defeitos internos e maiores serão as forças que incidirão nessa região, valorizando as falhas adesivas em detrimento das falhas ocorridas fora da interface adesiva (Sano *et al.*, 1994b).

Os testes estáticos de microtração são atualmente a melhor técnica laboratorial para avaliar a retenção dos adesivos à dentina, uma vez que clinicamente as falhas resultam principalmente de forças de tração (Schreiner *et al.*, 1998).

Os testes de microtração foram propostos por Sano *et al.* (1994b). Quantificam de forma versátil e fiável as forças adesivas à dentina e apresentam vantagens em relação aos outros testes estáticos (Armstrong *et al.*, 1998; Pashley *et al.*, 1999; Van Meerbeek *et al.*, 2010). Permitem avaliar de forma mais precisa a interface adesiva, com menor número de espécimes a falhar coesivamente e obter forças de tensão maiores do que as encontradas com outros testes estáticos, uma vez que preconizam o estudo de áreas de teste menores do que os testes de microcorte, e uma distribuição mais uniforme das forças de tensão do material (Pashley *et al.*, 1995; Sano *et al.*, 1994b).

Tornou-se possível com este teste mapear diferentes regiões de um mesmo dente, com diferentes profundidades ou graus de mineralização do tecido, como por exemplo, dentina hígida e dentina afetada pelo processo carioso. Tais factos, tornam este teste uma mais valia, quando se pretende estudar as diferenças regionais na dentina (Pashley *et al.*, 1999; Yoshiyama *et al.*, 1996) ou mesmo quando o objetivo é eliminar a dependência do substrato nos resultados dos testes de resistência adesiva (Heintze *et al.*, 2011).

A obtenção de um grande número de espécimes a partir de um elemento dentário reduziu também o coeficiente de variação do método em relação aos testes de microcorte, podendo ser calculadas médias e variâncias para um mesmo dente (Cardoso *et al.*, 1998). Estes testes facilitam ainda a visualização das falhas em microscopia eletrónica, uma vez que a superfície adesiva é de cerca de 1 mm² (Sano *et al.*, 1994b).

Todavia, estão também descritas algumas desvantagens desta metodologia: a técnica laboratorial é morosa, difícil e tecnicamente exigente (Van Meerbeek *et*

al., 2010). Os espécimes são tão pequenos que podem desidratar e estragar-se com facilidade (Armstrong *et al.*, 1998; Pashley *et al.*, 1995). A secção dos espécimes em vários locais pode também criar tensões na interface adesiva, levando à possível fratura dos espécimes durante a preparação (Shono *et al.*, 1999a).

Nesta técnica, os espécimes retangulares de pequenas dimensões, normalmente em forma de palitos, são submetidos a tensão numa máquina de testes universal até à sua fratura, registando-se o valor da carga aplicada nesse momento. A razão entre a carga registada na altura da fratura (em KN) e a área do palito (em mm²) ditará a tensão adesiva entre o dente e o material restaurador.

Os testes de microtração têm sido utilizados para comparar sistemas adesivos nos seus desempenhos laboratoriais, bem como para comparar diferentes protocolos de aplicação de um mesmo adesivo, por forma a predizer o seu comportamento clínico (De Munck *et al.*, 2005b) e foram utilizados com esse propósito no presente estudo laboratorial.

Os adesivos universais são adesivos *self-etch* por natureza, mas com a versatilidade de poderem ser aplicados sobre a dentina previamente condicionada com ácido fosfórico.

É já vulgarmente aceite que a aplicação de um adesivo *self-etch* sobre o esmalte deve ser precedida pelo condicionamento ácido da sua superfície (de Goes *et al.*, 2014; Frankenberger *et al.*, 2008; Hanabusa *et al.*, 2012; Taschner *et al.*, 2010). O esmalte é um tecido fortemente mineralizado e os adesivos *self-etch*, em especial os suaves e moderados dificilmente conseguem desmineralizá-lo (de Goes *et al.*, 2014; Hanabusa *et al.*, 2012; Perdigão *et al.*, 2014a; Van Meerbeek *et al.*, 2011). O mesmo procedimento tem já sido recomendado também para os adesivos universais (de Goes *et al.*, 2014; Hanabusa *et al.*, 2012; Loguercio *et al.*, 2015b).

No entanto, tal como acontece com os adesivos *self-etch* de gerações anteriores, o condicionamento ácido da dentina, prévio à aplicação dos sistemas universais não reúne consenso e é controverso.

Alguns autores defendem que a aplicação de ácido antes da aplicação dos adesivos universais afeta negativamente a qualidade da hibridização da dentina (Hanabusa *et al.*, 2012) e a adesão a esse substrato (Perdigão *et al.*, 2014b). Não é claro até agora, que os adesivos universais com capacidade para se ligar quimicamente à hidroxiapatite sejam capazes de se ligar à dentina desmineralizada e, portanto, quase desprovida de cálcio. De acordo com alguns estudos, estes adesivos universais apresentam forças de resistência adesiva tendencialmente maiores do que alguns adesivos *self-etch* de um passo, quando a dentina é condicionada nas mesmas condições (Perdigão *et al.*, 2012a; Wagner *et al.*, 2014). Outros autores encontram resultados contrários, defendendo a aplicação prévia de ácido; isto é, que a aplicação dos adesivos universais na sua versão *etch-and-rinse* de dois passos, resulta num aumento das forças adesivas desses sistemas ao substrato dentinário (Muñoz *et al.*, 2013) e num aumento do grau de conversão da resina comparativamente à versão *self-etch* dos mesmos adesivos (Muñoz *et al.*, 2014).

Menos controverso parece ser o efeito da humidade da dentina no desempenho adesivo destes sistemas universais. Apesar da falta de precisão dos protocolos definidos pelos fabricantes e da consequente variabilidade de técnicas de secagem da dentina encontrada na literatura, os adesivos universais, de um modo geral, não parecem ser sensíveis às variações de humidade da dentina (Mena-Serrano *et al.*, 2013; Perdigão *et al.*, 2012a).

Apesar de ainda escassos, os estudos clínicos randomizados, duplamente cegos levados à cabo por Perdigão e colaboradores, mostram taxas de retenção semelhantes para o adesivo universal Scotchbond Universal (3M, ESPE), independentemente da sua estratégia de adesão (estratégia *etch-and-rinse versus self-etch*) e das condições de humidade da dentina (dentina húmida *versus* dentina seca a partir do esmalte) quando aplicado em lesões não-cariosas cervicais, durante 6 e 18 meses (Mena-Serrano *et al.*, 2013; Perdigão *et al.*, 2014a). No entanto, no final de 36 meses, a versão *self-etch* do mesmo adesivo apresentou uma taxa de retenção significativamente menor do que a versão *etch-and-rinse* (Loguercio *et al.*, 2015a).

1.2 Objetivos gerais do estudo

Estudar o efeito da estratégia de adesão, das condições de humidade da dentina e do envelhecimento nas forças de resistência adesiva à dentina de três adesivos universais.

1.2.1 Objetivos específicos do estudo

Estes objetivos gerais foram concretizados nos seguintes objetivos específicos:

1. Avaliar a influência da combinação adesivo/estratégia de adesão nas forças de resistência adesiva à dentina dos adesivos universais.

H_0 : A combinação adesivo/estratégia de adesão não influencia as forças de resistência adesiva à dentina dos adesivos universais.

H_1 : A combinação adesivo/estratégia de adesão influencia as forças de resistência adesiva à dentina dos adesivos universais.

2. Avaliar a influência das condições de humidade da dentina nas forças de resistência adesiva dos adesivos universais.

H_0 : As condições de humidade da dentina não influenciam as forças de resistência adesiva dos adesivos universais.

H_1 : As condições de humidade da dentina influenciam as forças de resistência adesiva dos adesivos universais.

3. Avaliar a influência do envelhecimento artificial, nas forças de resistência adesiva à dentina dos adesivos universais.

H_0 : O envelhecimento artificial dos espécimes não influencia as forças de resistência adesiva à dentina dos adesivos universais.

H_1 : O envelhecimento artificial dos espécimes influencia as forças de resistência adesiva à dentina dos adesivos universais.

4. Avaliar a influência das características regionais da dentina nas forças de resistência adesiva dos adesivos universais.

H₀: As características regionais da dentina não influenciam as forças de resistência adesiva à dentina dos adesivos universais.

H₁: As características regionais da dentina influenciam as forças de resistência adesiva à dentina dos adesivos universais.

5. Avaliar a influência da combinação adesivo/estratégia de adesão no tipo de falha de união dos espécimes.

H₀: A estratégia de adesão não influencia o tipo de falha de união dos espécimes.

H₁: A estratégia de adesão influencia o tipo de falha de união dos espécimes.

6. Avaliar a influência das condições de humidade da dentina no tipo de falha de união dos espécimes.

H₀: As condições de humidade da dentina não influenciam o tipo de falha de união dos espécimes.

H₁: As condições de humidade da dentina influenciam o tipo de falha de união dos espécimes.

7. Avaliar a influência do envelhecimento artificial, no tipo de falha de união dos espécimes.

H₀: O envelhecimento artificial dos espécimes não influencia o tipo de falha de união dos espécimes.

H₁: O envelhecimento artificial dos espécimes influencia o tipo de falha de união dos espécimes.

1.3 Material e Métodos

1.3.1 Delineamento experimental

Oitenta superfícies de dentina média foram expostas a partir de terceiros molares hígidos e distribuídas de forma equitativa e aleatória por 16 grupos de trabalho (n=5), de acordo com o tipo de adesivo, a estratégia de adesão e a condição de humidade da dentina estabelecidas.

Cada superfície de dentina restaurada foi identificada em relação à localização da dentina central e da dentina periférica e de seguida seccionada por forma a obter palitos retangulares. Os palitos provenientes de cada dente foram equitativa e aleatoriamente divididos por três janelas temporais [24 horas (h), 6 meses e 12 meses]. Em cada período de avaliação os palitos foram sujeitos a forças de microtração até à sua fratura.

Foi registada a força de microtração (em MPa) para cada espécime, registada a sua posição na dentina (central e periférica) e registado o local do substrato onde ocorreu a fratura, de modo a poder comparar os grupos em estudo entre si e os mesmos grupos ao longo de 12 meses de envelhecimento.

1.3.2 Seleção e alocação dos dentes pelos grupos de estudo

Após aprovação pela Comissão de Ética da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa (em anexo), 80 terceiros molares humanos foram armazenados numa solução aquosa de cloramina a 0,5%, a 4°C, por um período não superior a seis meses após extração, trocada semanalmente. Nas 24 h anteriores ao seu processamento os dentes foram colocados em água destilada, a 4°C (Sezinando *et al.*, 2012).

Previamente ao seu armazenamento os dentes foram limpos com ponta ultrasónica e curetas de Gracey com o objetivo de remover restos de tecidos orgânicos e inorgânicos.

Foram definidos os seguintes critérios de inclusão:

- terceiros molares erupcionados e não-erupcionados com raízes completamente formadas;
- dentes sem lesões de cárie, fraturas, reabsorções ou restaurações;
- dentes sem tratamento endodôntico prévio.

1.3.3 Preparação dos dentes

Os dentes foram montados, com cera colante, perpendicularmente ao grande eixo de cilindros de resina acrílica e as suas raízes removidas 2,5 mm abaixo da junção amelocementária com um disco de diamante (Isomet™ Diamond Wafering Blades, 102 x 0,3 mm, Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, EUA) a baixa rotação, numa máquina de corte (Isomet™1000, Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, EUA) sob refrigeração com água (figura 1).

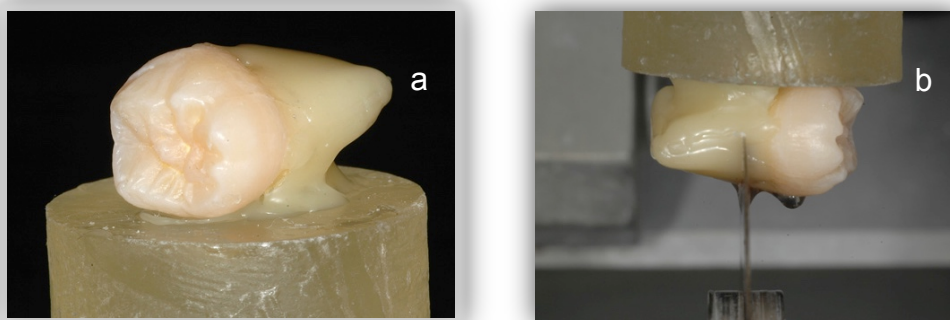


Figura 1 - a) Montagem dos dentes em blocos de resina acrílica; b) Corte das raízes do dente 2,5 mm abaixo da junção amelocementária.

A câmara pulpar dos dentes foi inteiramente exposta pela porção apical do dente cortado, com uma broca esférica diamantada (figura 2a), limpa com um escavador de dentina e totalmente preenchida com cola de cianoacrilato (PERMABOND, Permabond Adesivos, S. Paulo, Brasil) (figura 2b). Com a ajuda da cola de cianoacrilato, as coroas clínicas foram novamente montadas nos cilindros de resina acrílica, numa posição vertical, conforme mostra a figura 2c.

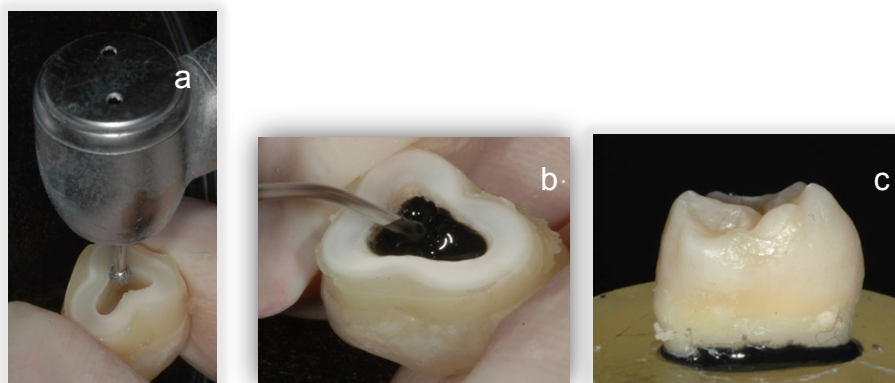


Figura 2 - a) Abertura da câmara pulpar com broca esférica diamantada em turbina; b) Preenchimento da câmara pulpar com cola de cianoacrilato; c) Montagem das coroas clínicas nos cilindros de acrílico.

Com a mesma lâmina de corte (Isomet™ Diamond Wafering Blades) e sob copiosa refrigeração, as cúspides foram removidas pelo fundo do sulco principal (figura 3a) e, de seguida, um segundo corte foi efetuado a 1 mm do primeiro, de forma a expor a dentina média (figura 3b).

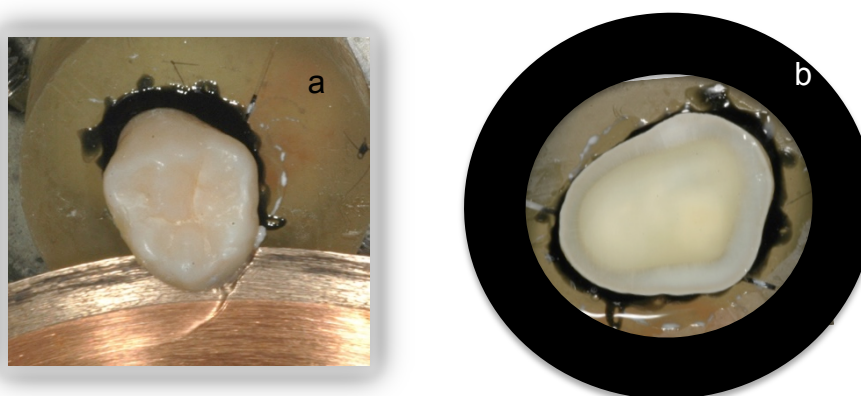


Figura 3 - a) Remoção das cúspides; b) Exposição da dentina média.

A superfície de dentina exposta foi polida com tiras de lixa de carbeto de silício de grão 600 (Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, EUA) sob refrigeração com água, numa máquina de polimento (Lunn Major, Struers, Dinamarca) - figura 4 -, durante 60 s de modo a criar uma *smear layer* padronizada, como descrito por Pashley *et al.* (1988a).



Figura 4 - Criação de *smear layer* padronizada.

1.3.4 Procedimento restaurador

Foram objeto de estudo os adesivos universais **Scotchbond Universal Adhesive (SU)** (3M, ESPE), **Futurabond U (FU)** (Voco GmbH) e **Adhese Universal (AU)** (Ivoclar, Vivadent) (figura 5).



Figura 5 - Adesivos universais em estudo: Scotchbond Universal à esquerda; Adhese Universal à direita e Futurabond U em frente.

Os resultados foram avaliados e comparados com dois grupos controle: o adesivo *etch-and-rinse* de dois passos **Optibond SOLO Plus (OS)** (Kerr Corporation) e o adesivo **Clearfil SE Bond (CL)** (Kuraray Corporation) como controle da técnica *self-etch* (figura 6).



Figura 6 - Adesivos controlo: Clearfil SE Bond à esquerda e Optibond SOLO Plus à direita.

As características individuais de cada adesivo e a sua composição encontram-se apresentadas nas tabelas 2 e 3, respetivamente.

Tabela 2 - Características individuais dos adesivos em estudo.

Adesivo	Classificação	Tipo de Solvente	pH*	Modo Polimerização
Scotchbond Universal	Adesivo universal	Etanol e água	3	Fotopolimerizável
Futurabond U	Adesivo universal	Etanol	2,3	Dupla polimerização
Adhese Universal	Adesivo universal	Etanol e água	2,5 a 3	Fotopolimerizável
Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i> de dois passos	Etanol e água	1,9	Fotopolimerizável
Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i> de dois passos	Etanol	2,1	Fotopolimerizável

* valores de pH fornecidos pelos respetivos fabricantes.

Tabela 3 – Fabricante, lote e composição dos adesivos em estudo (informação fornecida pelos respectivos fabricantes).

Sistema Adesivo (Lote)	Fabricante	Composição
Scotchbond Universal (Lote 477916) Scotchbond Universal Etchant (Lote 525938)	3M ESPE, Neuss, Alemanha	Scotchbond Universal Etchant Ácido fosfórico a 34% , água, sílica amorfa, polietilenoglicol, óxido de alumínio Scotchbond Universal Adhesive Constituintes do adesivo: 10-MDP, dimetacrilatos de resina, HEMA, bis-GMA, monómeros fosfatados, copolímeros do ácido polialquenoico, carga, etanol, água, iniciadores e silano.
Futurabond U (Lote 1348334) Vococid (Lote 1349113)	Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha	Vococid Ácido fosfórico a 35% Futurabond U líquido 1 Bis-GMA, HEDMA, HEMA, UDMA, monómeros adesivos ácidos catalisadores Futurabond U líquido 2 Etanol, iniciadores, catalizadores
Adhese Universal (Lote T08671) Total Etch (Lote R22282)	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Total Etch Ácido fosfórico a 37% Adhese Universal Etanol, água, MDP, bis-GMA, D3MA, HEMA, MCAP, sílica altamente dispersa, iniciadores, estabilizadores
Clearfil SE Bond Primer (Lote CR0009) Adesivo (Lote180016)	Kuraray Noritake Dental Inc., Okayama, Japão	Clearfil SE Bond Primer 10-MDP, HEMA, dimetacrilatos hidrofílicos, canforoquinona, etanol e água Clearfil SE Bond Bond 10-MDP, bis-GMA, HEMA, dimetacrilato hidrofóbico, canforoquinona, etanol, sílica coloidal silanizada, iniciadores, aceleradores
Optibond SOLO Plus (Lote 5007777) Gel Etchant (Lote 4168408)	Kerr Corporation Scafati, Itália	Gel Etchant Ácido fosfórico a 37,5%, água e sílica fumada Optibond SOLO Plus Bis-GMA, HEMA, GPDM, água, etanol, vidro de aluminoborosilicato de bário, sílica fumada, hexafluorosilicato de sódio, canforoquinona

Cada adesivo universal, foi aplicado de acordo com quatro técnicas, segundo o esquema representado na figura 7. Aos adesivos controle foi aplicada divisão igual quanto à condição de humidade da dentina. A estratégia adesiva foi forçosamente determinada pelo adesivo em causa (*self-etch/etch-and-rinse*).

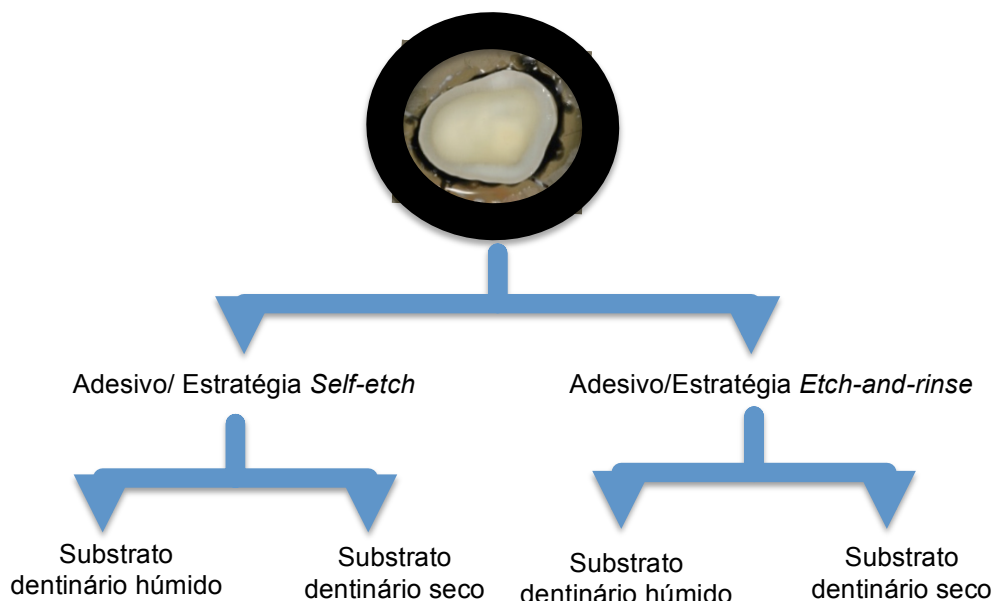


Figura 7 - Divisão experimental dos adesivos universais tendo em conta a sua estratégia de adesão e a humidade deixada na dentina previamente ao processo adesivo.

Independentemente da sua estratégia de adesão, cada adesivo foi aplicado sobre a superfície de dentina média exposta, segundo recomendações do fabricante, exceto no respeitante à quantidade de humidade deixada sobre a dentina antes da aplicação do adesivo (tabela 4), conforme ilustrado na figura 8.

Foram definidas duas condições diferentes de humidade da dentina. A dentina húmida (H) e a dentina seca (S). A dentina húmida foi criada pela passagem de uma bola de algodão húmida (molhada em água destilada e espremida), sobre a superfície de dentina lavada, por forma a obter uma superfície de dentina brilhante sem excesso de humidade (Kanca, 1992b). Com o objetivo de obter um substrato adesivo seco, a dentina foi seca com um jato de ar comprimido suave, isento de água e óleo, durante 5 s e a uma distância de 2 cm da superfície de dentina (Perdigão *et al.*, 1999c). As condições de humidade da dentina foram reproduzidas de forma semelhante para os adesivos controlo.

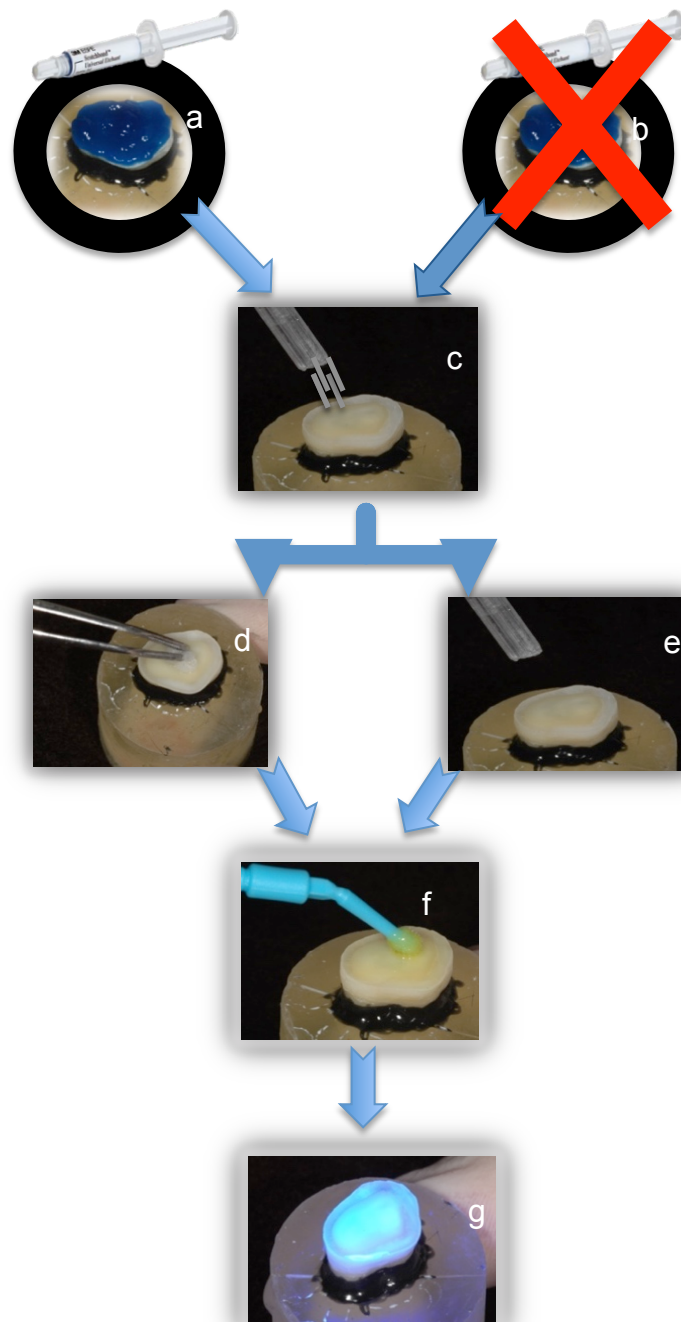


Figura 8 - Aplicação do sistema adesivo: a) Estratégia de aplicação *etch-and-rinse* - condicionamento ácido segundo recomendações do fabricante; b) Estratégia de aplicação *self-etch* - sem condicionamento ácido; c) Lavagem com água durante 10 s; d) Aplicação de pélete húmido sobre a dentina em metade dos espécimes; e) Secagem da dentina com jato de ar durante 5 s a 2 cm na outra metade dos espécimes; f) Aplicação do adesivo segundo recomendações do fabricante; g) Polimerização do adesivo segundo recomendações do fabricante.

Tabela 4 - Modo de aplicação de cada sistema adesivo, de acordo com a estratégia de adesão, conforme recomendado pelo fabricante e conforme protocolado neste estudo laboratorial.

Adesivo/Estratégia de adesão		Modo de aplicação segundo recomendações do fabricante	Modo de aplicação experimental
Scotchbond Universal	SE	Adesivo Aplicar o adesivo por 20 s com agitação vigorosa; jato de ar suave 5 s; fotopolimerizar 10 s	Lavar por 10 s jato de água a 2 cm Tratamento da dentina Dentina seca: aplicar jato de ar suave 5 s a 2 cm Dentina húmida: aplicar pélete húmido Adesivo Segundo recomendações do fabricante
	ER	Ácido Aplicar o ácido por 15 s, lavar por 10 s; secar com jato ar ou pontas algodão Adesivo Aplicar o adesivo por 20 s com agitação vigorosa; aplicar jato de ar suave 5 s; fotopolimerizar 10 s	Ácido Aplicar o ácido por 15 s; lavar por 10 s com jato de água a 2 cm Tratamento da dentina Dentina seca: aplicar jato de ar suave 5 s a 2 cm Dentina húmida: aplicar pélete húmido Adesivo Segundo recomendações do fabricante
Futurabond U	SE	Adesivo Aplicar o adesivo esfregando 20 s; aplicar jato de ar pelo menos 5 s; fotopolimerizar 10 s com potência $\geq 500 \text{ mW/cm}^2$	Lavar por 10 s jato de água a 2 cm Tratamento da dentina Dentina seca: aplicar jato de ar suave 5 s a 2 cm Dentina húmida: aplicar pélete húmido Adesivo Segundo recomendações do fabricante
	ER	Ácido Aplicar o ácido por 15 s; lavar abundantemente com água 20 s; secar com jato de ar para remover excesso e ficar com aspeto fosco acetinado Adesivo Aplicar o adesivo esfregando 20 s; aplicar jato de ar pelo menos 5 s; fotopolimerizar 10 s com potência $\geq 500 \text{ mW/cm}^2$	Ácido Aplicar o ácido por 15 s; lavar por 20 s jato de água a 2 cm; Tratamento da dentina Dentina seca: aplicar jato de ar suave 5 s a 2 cm Dentina húmida: aplicar pélete húmido Adesivo Segundo recomendações do fabricante
Adhese Universal	SE	Adesivo: Aplicar o adesivo esfregando por 20 s; jato de ar até superfície brilhante; fotopolimerizar 10 s com potência $\geq 500 \text{ mW/cm}^2$	Lavar por 10 s jato vigoroso a 2 cm Tratamento da dentina Dentina seca: aplicar jato de ar suave 5 s a 2 cm Dentina húmida: aplicar pélete húmido Adesivo Segundo recomendações do fabricante

	ER	<p>Ácido Aplicar o ácido por 10 a 15 s; lavar com jato vigoroso de água pelo menos 5 s; secar com jato de ar até o esmalte ficar cor de giz</p> <p>Adesivo Aplicar o adesivo esfregando por 20 s; aplicar jato de ar até a superfície ficar brilhante; fotopolimerizar 10 s com potência $\geq 500 \text{ mW/cm}^2$</p>	<p>Ácido Aplicar o ácido por 15 s; lavar por 10 s jato de água a 2 cm</p> <p>Tratamento da dentina Dentina seca: aplicar jato de ar suave 5 s a 2 cm Dentina húmida: aplicar pélete húmido</p> <p>Adesivo Segundo recomendações do fabricante</p>
Clearfil SE Bond	SE	<p>Primer Aplicar <i>primer</i> e esperar 20 s secar com jato de ar para evaporar os ingredientes voláteis</p> <p>Adesivo Aplicar adesivo uniformemente; aplicar jato de ar; fotopolimerizar por 10 s a 1200 mW/cm^2</p>	<p>Lavar por 10 s jato de água a 2 cm</p> <p>Tratamento da dentina Dentina seca: aplicar jato de ar suave 5 s a 2 cm Dentina húmida: aplicar pélete húmido</p> <p>Primer Segundo recomendações do fabricante</p> <p>Adesivo Segundo recomendações do fabricante</p>
	ER	Não aplicável	Não aplicável
Optibond SOLO Plus	SE	Não aplicável	Não aplicável
	ER	<p>Ácido Aplicar o ácido por 15 s; lavar até ácido ser removido</p> <p>Tratamento da dentina após condicionamento Secar levemente (não dissecar)</p> <p>Adesivo Aplicar o adesivo esfregando por 15 s; aplicar jato de ar suave 3 s; fotopolimerizar 20 s</p>	<p>Ácido Aplicar o ácido por 15 s; lavar por 10 s com jato de água a 2 cm.</p> <p>Tratamento da dentina após condicionamento Dentina seca: aplicar jato de ar suave 5 s a 2 cm Dentina húmida: aplicar pélete húmido</p> <p>Adesivo Segundo recomendações do fabricante</p>

O procedimento restaurador de todos os sistemas adesivos em estudo foi executado pelo mesmo operador de modo a prevenir variações nas forças de adesão intrínsecas ao operador, no mesmo local do laboratório, com uma temperatura ambiente de cerca de 23°C, conforme a norma ISO/TS (Dental materials - Testing of adhesion to tooth structure, 2003).

Finda a polimerização do adesivo com um fotopolimerizador LED Bluephase 20i (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) no programa *High Power* com uma intensidade de luz de 1200 mW/cm², a superfície oclusal da dentina aderida foi recoberta com um incremento de 1 mm de uma resina composta particulada, cujas características se encontram expostas na tabela 5.

Tabela 5 - Fabricante e composição da resina composta utilizada no estudo de microtração.

Resina (Cor/Lote)	Fabricante	Composição	Modo de Polimerização
Tetric EvoCeram (A ₂ /Lote S46221)	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Monómeros de dimetacrilatos (17 a 18% em peso) Partículas de carga: vidro de bário, trifluoreto de itérbio e mistura de óxidos e pré-polímeros (82 a 83% em peso) Aditivos Catalisadores Estabilizadores Pigmentos (<1,0% em peso) Carga inorgânica (75 a 76% em peso)	Fotopolimerizável

Foram colocados mais três incrementos de resina com cerca de 2 mm de espessura de modo a obter uma restauração com cerca de 7 mm de altura (figura 9). Cada incremento foi polimerizado 10 s com um fotopolimerizador LED Bluephase 20i (Ivoclar Vivadent), no programa *High Power* com uma intensidade de luz de 1200 mW/cm². A intensidade do fotopolimerizador foi avaliada periodicamente a cada quatro dentes com um radiômetro (Bluephase® Meter Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e a sua ponta limpa com uma compressa com álcool.

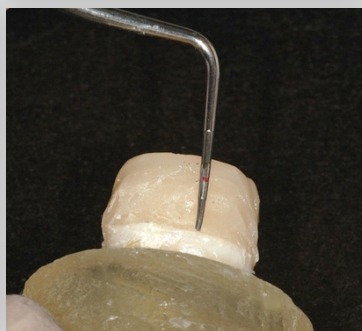


Figura 9 - Colocação de incrementos de resina composta até perfazer uma altura de 7 mm.

Os dentes restaurados foram colocados em água destilada no interior de copos etiquetados, a 37°C, em 100% de humidade relativa, durante 24 h (Hikita *et al.*, 2007).

1.3.5 Preparação dos espécimes para microtração

A superfície de resina de cada espécime foi marcada com tinta à prova de água de duas cores distintas. A região central foi pintada de vermelho no equivalente a um quadrado de cerca de 3x3 mm² de modo a representar a região de dentina central. A região periférica a esse quadrado foi pintada de cor azul de modo a representar a dentina periférica (figura 10).



Figura 10 - Individualização da região de dentina central (vermelho) e periférica (azul).

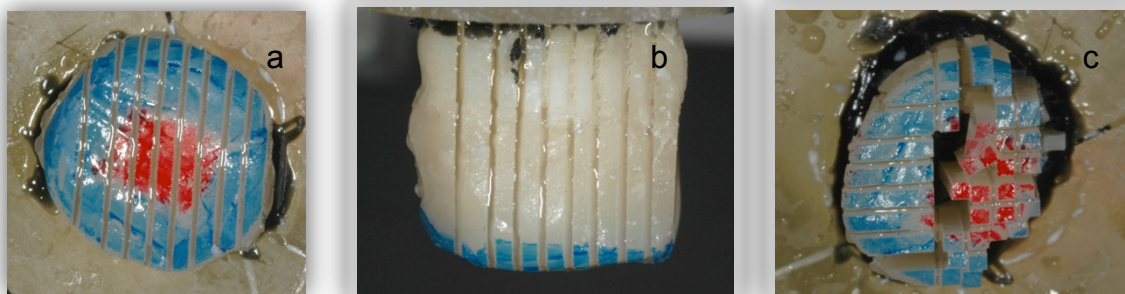


Figura 11 - Secção das coroas clínicas no eixo do X (a e b) e do Y (c).

De seguida, os cilindros de resina com os dentes restaurados foram novamente montados na máquina de corte (Isomet™ 1000, Buehler Ltd.), paralelos à lâmina de corte diamantada (Isomet™ Diamond Wafering Blades). As coroas foram seccionadas, a baixa rotação (300 rpm), primeiro no eixo do X (figura 11a e b) e depois no eixo do Y (figura 11c) de forma a obter palitos (espécimes em forma de paralelepípedo) com cerca de $0,7 \pm 0,2 \text{ mm}^2$ (figura 12).

Os palitos foram obtidos segundo a técnica de *não-trimming*.

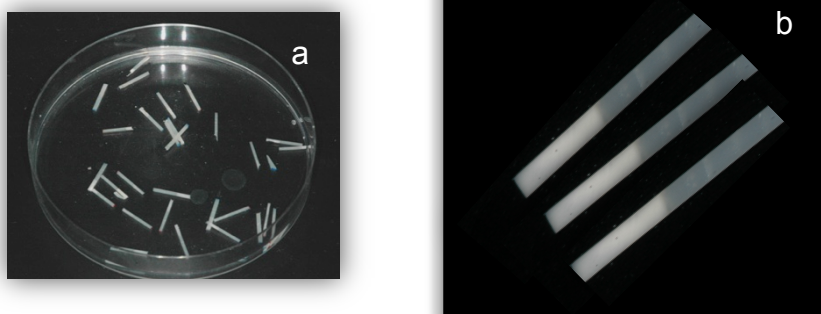


Figura 12 - Espécimes em forma de palito com cerca de $0,7 \pm 0,2 \text{ mm}^2$.

Seguindo a cor do topo da resina os palitos obtidos foram separados em palitos centrais e palitos periféricos, de modo a padronizar a variabilidade dentinária para o estudo. Os palitos que apresentavam resina pintada também nas faces laterais foram eliminados por se tratarem de palitos com esmalte.

Durante e após os cortes registaram-se todos os palitos que se descolaram ou perderam. Consideraram-se palitos descolados os palitos que se separaram na interface adesiva, durante o corte ou durante a preparação para o teste e foram denominados de falhas pré-teste. No total foram contabilizados 2525 palitos, sendo que destes apenas 2012 se mantiveram íntegros para serem incluídos no estudo de resistência adesiva.

O número de espécimes testados, bem como a sua localização na dentina e o número de falhas pré-teste de cada grupo de estudo, estão expressos na tabela 6.

Tabela 6 - Número de espécimes testados, de falhas pré-teste e localização dentinária dos palitos testados, para cada grupo de estudo.

Adesivo/ Estratégia de adesão		Condição de Humidade da Dentina	Falhas pré- teste n (%)	Palitos testados	Palitos centrais	Palitos periféricos
SU	SE	Húmida	30 (21%)	114	48	66
		Seca	69 (37%)	120	48	72
	ER	Húmida	15 (9%)	156	69	87
		Seca	9 (5%)	165	72	93
FU	SE	Húmida	60 (39%)	93	30	63
		Seca	45 (30%)	105	45	60
	ER	Húmida	33 (21%)	126	57	69
		Seca	33 (19%)	142	70	72
AU	SE	Húmida	18 (12%)	138	66	72
		Seca	42 (27%)	111	45	66
	ER	Húmida	9 (6%)	137	60	77
		Seca	18 (11%)	140	66	74
CL	SE	Húmida	66 (35%)	120	51	69
		Seca	12 (9%)	123	48	75
OS	ER	Húmida	21 (17%)	102	51	51
		Seca	33 (22%)	120	53	67
Total			513 (20%)	2012	879	1133

Um terço dos palitos (um terço dos palitos centrais e um terço dos palitos periféricos) de cada dente foi aleatoriamente separado para avaliação imediata das forças de resistência adesiva (análise às 24 h) e os restantes foram guardados, de acordo com os grupos estabelecidos e de acordo com a região do dente que deu origem aos palitos, em 10 mL de uma solução de 0,4% de azida sódica, pH=7, a 37°C (Burrow *et al.*, 1996), para avaliação aos 6 e 12 meses (figura 13).

A solução de armazenamento foi trocada semanalmente, de forma a acelerar o envelhecimento dos espécimes (Skovron *et al.*, 2010).

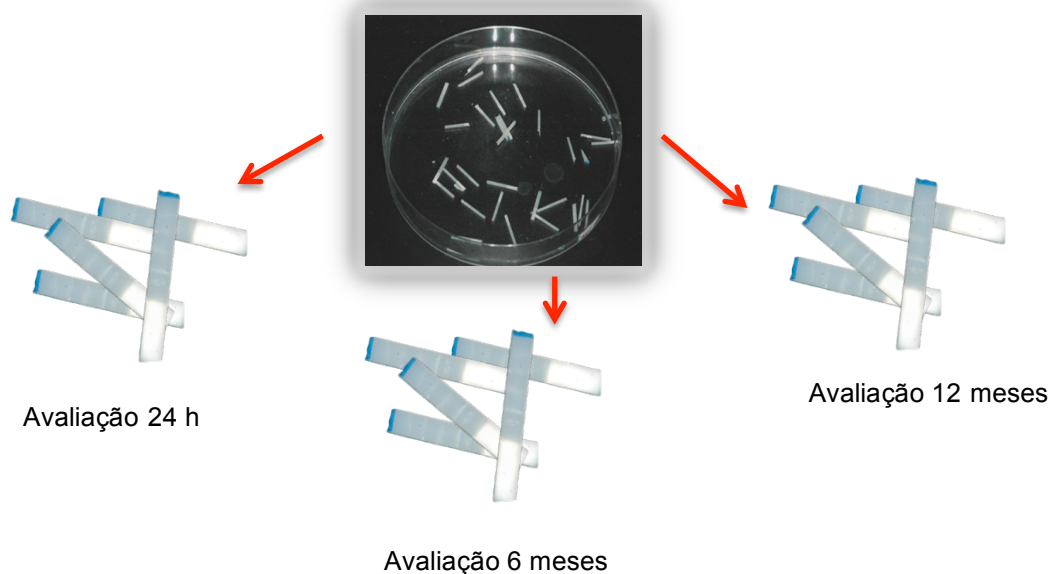


Figura 13 - Divisão dos palitos obtidos para cada adesivo para avaliação às 24 h, 6 meses e 12 meses.

1.3.6 Testes de microtração

Cada palito foi montado num dispositivo de aço inoxidável - *Geraldeli's jig* ou dispositivo de Geraldeli (Perdigão *et al.*, 2002) (figura 14).



Figura 14 - Palito para teste montado num dispositivo de Geraldeli.

Os palitos foram colados com cola de cianoacrilato (PERMABOND, Permabond Adesivos, S. Paulo, Brasil) de forma a que a interface adesiva correspondesse ao centro do dispositivo.

Cada palito foi testado individualmente numa máquina de testes mecânicos universal (Instron Ltd., Bucks, HP 12 3SY, Inglaterra). Os testes foram

realizados a uma velocidade de 1 mm/min com uma célula de carga de 1 kN, medindo-se a força de tração até ocorrer a fratura (figura 15).

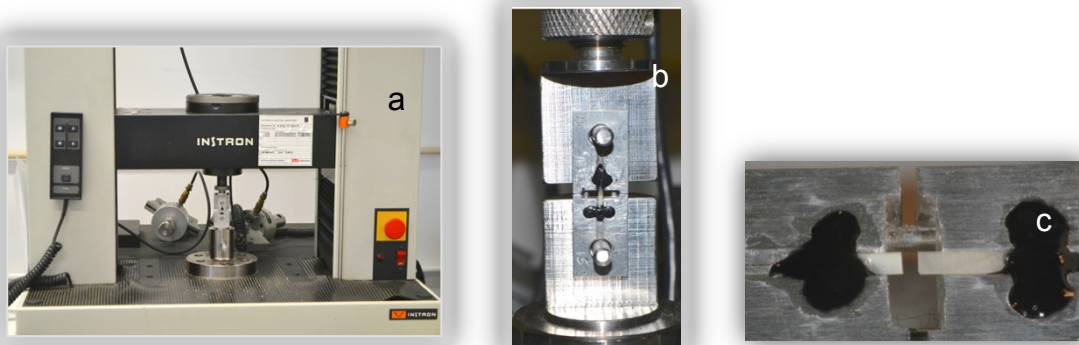


Figura 15 - Teste dos palitos até à fratura: a) Máquina Instron; b) Palito montado num dispositivo de Geraldeli na máquina de teste; c) Palito fraturado.

Após fratura, as dimensões da superfície de secção de cada palito foram medidas com uma craveira digital (Digital Caliper, Ficher Darex, França), com precisão de 0,01 mm, de modo a calcular a respetiva área de secção em mm^2 (figura 16).



Figura 16 - Medição da área de secção dos palitos com recurso a craveira digital.

Com os valores da força de tração que provocaram a fratura dos palitos e a área da superfície fraturada foram calculadas as forças de resistência adesiva à fratura em megapascal (MPa).

Todas as interfaces fraturadas foram observadas, por dois operadores, com uma ampliação de 20X num estereomicroscópio (MEIJI Techno, EMZ-8TR, Japão) de modo a inferir sobre o padrão da fratura.

As fraturas foram consideradas **adesivas** se a fratura ocorreu entre a dentina e a resina, **coesivas** de dentina ou de resina, se a fratura ocorreu exclusivamente no interior da dentina ou da resina composta respetivamente; ou **mistas**, se a fratura ocorreu entre a dentina e a resina, incluindo fratura coesiva do substrato vizinho (Luque-Martinez *et al.*, 2014).

1.3.7 Análise Estatística

1.3.7.1 Análise estatística dos valores de resistência adesiva

A dimensão da amostra (n) foi determinada, tendo em conta os resultados obtidos num estudo piloto previamente realizado, de maneira a fixar o erro estatístico tipo I (α) em 0,05 e o erro tipo II (β) em 0,20. Foi utilizada para esse objetivo, a fórmula desenvolvida por Snedecor e Cochran: $n=1+2C(s/d)^2$, sendo s o desvio padrão, d a diferença a ser detetada e C a constante dependente do valor de α e β seleccionados (Dell, Holleran e Ramakrishnan 2002).

Os dados obtidos foram inseridos numa base de dados e analisados estatisticamente com uma aplicação informática comercial - SPSS for Windows, versão 15.0 (Statistic Package for Social Sciences, Inc. IL 60606, EUA).

A análise estatística dos resultados foi realizada por métodos descritivos e métodos inferenciais.

Considerou-se como unidade experimental o dente, assumindo-se como cada observação independente no teste de microtração, a média dos valores de tensão dos palitos respetivos a cada dente. Os palitos que falharam antes de serem submetidos ao teste, foram classificados como falhas pré-teste e incluídos na análise estatística dos dados, atribuindo-se a cada um deles um valor de resistência adesiva igual a metade do valor mínimo obtido durante o

teste (Luque-Martinez *et al.*, 2014). As observações no teste de microtração correspondentes a fraturas coesivas não foram incluídas na análise estatística de comparação dos grupos.

Para avaliar a normalidade da distribuição dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. Para verificar a homogeneidade das variâncias foi realizado o teste de Levene.

A hipótese nula foi rejeitada fixando o erro tipo I em 0,05.

Uma vez que de cada dente foram obtidos palitos que foram testados em três janelas temporais diferentes, para a comparação das médias das populações em estudo, recorreu-se ao teste estatístico ANOVA de efeitos fixos, com dois fatores e medições repetidas, depois de verificadas as condições de aplicabilidade da mesma.

Consideraram-se como fatores independentes na análise estatística:

1. Combinação entre adesivo/estratégia de adesão, com os seguintes níveis de fator: SU-SE, SU-ER, CL-SE, FU-SE, FU-ER, OS-ER, AU-SE e AU-ER – fator intersujeitos;
2. Condição de humidade da dentina, com os seguintes níveis de fator: húmida *versus* seca – fator intersujeitos;
3. Tempo de envelhecimento dos espécimes, com os seguintes níveis de fator 24 h, 6 meses e 12 meses, como fator de medição repetida – fator intrasujeitos.

Foram utilizados testes *post-hoc* para comparações múltiplas entre os diversos níveis do fator adesivo/estratégia de adesão e os testes T de amostras emparelhadas para comparações entre os diferentes níveis do fator tempo de envelhecimento.

1.3.7.2 Análise estatística da influência das características regionais da dentina nas forças de adesão a esse substrato

Para avaliação da influência das características regionais da dentina (região central *versus* região periférica) foram obtidas as médias dos valores de resistência adesiva medidos nos palitos centrais e as médias dos valores de resistência adesiva medidos nos palitos periféricos de cada um dos dentes utilizados no estudo (n=80).

A normalidade da distribuição de dados foi testada com o teste de Shapiro-Wilk.

Foram utilizados testes não-paramétricos de Wilcoxon de amostras emparelhadas para efetuar comparações entre os grupos de palitos centrais *versus* palitos periféricos, quanto ao valor de resistência adesiva para cada uma das variáveis independentes em estudo.

1.3.7.3 Análise estatística dos tipos de falha

Na análise do tipo de falha, considerou-se como unidade experimental o palito.

Para avaliação do tipo de falha ocorrida em cada grupo, os dados foram submetidos a análise estatística descritiva (frequência absoluta/relativa) de cada tipo de falha de acordo com os grupos de estudo previamente estabelecidos e a análise estatística inferencial não-paramétrica com recurso ao teste de Kruskal-Wallis para avaliar a associação entre o tipo de falha e os diferentes grupos de sistemas adesivos estudados e o tipo de falha e os diferentes tempos de envelhecimento, seguido de comparações múltiplas com recurso ao teste de Mann-Whitney com correção de Bonferroni. Para avaliar o efeito da humidade de dentina sobre o tipo de falha foi utilizado o teste de Mann-Whitney.

1.4 Resultados

1.4.1 Resultados do estudo da resistência adesiva

A tabela 7 reflete a análise descritiva dos valores médios e respectivos desvio-padrão dos grupos de estudo, de acordo com o fator adesivo/estratégia de adesão utilizada, a condição de dentina testada e o tempo de envelhecimento dos espécimes.

Tabela 7 - Média e desvio padrão das forças de resistência adesiva em função da associação adesivo/estratégia de adesão, condição de humidade da dentina e tempo de envelhecimento.

Adesivo/ Estratégia de adesão		Forças de resistência adesiva à dentina					
		Média (desvio padrão)					
		Condição de humidade da dentina					
		Húmida			Seca		
		Tempos de avaliação			Tempos de avaliação		
		24 h	6 meses	12 meses	24 h	6 meses	12 meses
SU	SE	22,9 (6,89)	16,6 (5,52)	13,6 (2,87)	17,5 (7,67)	15,5 (7,62)	15,1 (6,24)
	ER	25,5 (12,79)	28,5 (8,44)	18,8 (7,46)	31,3 (6,97)	29,2 (4,44)	22,7 (4,09)
FU	SE	13,3 (4,04)	10,3 (5,19)	11,3 (3,04)	17,3 (9,46)	12,4 (4,76)	13,2 (5,25)
	ER	25,2 (7,66)	21,9 (7,70)	19,4 (5,50)	30,2 (9,14)	25,41 (9,32)	22,1 (3,06)
AU	SE	25,7 (3,12)	21,5 (7,77)	24,2 (4,68)	16,3 (5,38)	16,5 (4,24)	13,0 (6,45)
	ER	31,1 (8,32)	25,5 (6,89)	22,3 (4,11)	28,6 (7,31)	24,4 (7,86)	23,2 (10,67)
CL	SE	17,3 (5,25)	13,8 (4,80)	13,3 (4,20)	29,1 (10,73)	26,1 (9,51)	18 (5,86)
OS	ER	26,2 (7,02)	18,1 (7,24)	11,8 (3,06)	25,2 (5,92)	19,3 (3,87)	11,2 (2,97)

A significância do efeito do fator adesivo/estratégia de adesão e do efeito da humidade da dentina sobre a resistência adesiva, bem como a evolução destes efeitos nos três momentos de amostragem foi avaliada com recurso ao teste estatístico ANOVA de medições repetidas.

As observações mostraram uma distribuição amostral normal, com o teste de Shapiro-Wilk ($p=0,062$), verificou-se a homocedasticidade das variâncias das observações com o teste de Levene ($p=0,112$), bem como a esfericidade da

matriz de variância/covariância com o teste W de Mauchly ($p=0,489$) para os três tempos de avaliação considerados.

As tabelas 8 e 9 resumem os resultados da estatística de teste realizada para comparações de grupos entre espécimes independentes (intersujeitos) e de grupos entre observações de espécimes provenientes do mesmo dente mas processados em tempos distintos (intrasujeitos).

Tabela 8 - Resultados detalhados do teste estatístico ANOVA para os efeitos intersujeitos.

	Soma de Quadrados tipo III	Graus de liberdade	Média de quadrados	F	Significância	Poder observado
Intercepção	100147,277	1	100147,277	1000,74	<0,001	1,000
Fator sistema adesivo/estratégia de adesão	4387,792	7	626,827	6,26	<0,001	0,999
Fator condição de humidade da dentina	64,718	1	64,718	0,647	0,424	0,124
Interação fator sistema adesivo/estratégia de adesão com fator condição de humidade da dentina	1448,679	7	206,954	2,068	0,060	0,752
Erro	6404,68	64	100,07			

Tabela 9 - Resultados detalhados do teste estatístico ANOVA para os efeitos intrasujeitos, assumindo a condição de esfericidade previamente verificada.

	Soma de Quadrados tipo III	Graus de liberdade	Média de quadrados	F	Significância	Poder observado
Tempo de envelhecimento	1867,72	2	933,86	53,56	<0,001	1,00
Interação fator sistema adesivo/estratégia de adesão com o tempo de envelhecimento	641,02	14	45,79	2,63	0,002	0,985
Interação fator condição de dentina com o tempo de envelhecimento	12,729	2	6,36	0,365	0,695	0,108
Interação fator sistema adesivo/estratégia de adesão com fator grau de humidade e com fator envelhecimento	258,75	14	18,48	1,06	0,400	0,636
Erro (tempo de envelhecimento)	2231,83	128	17,44			

No modelo estatístico ANOVA a dois fatores com medições repetidas (tabela 8), verificou-se que os grupos constituídos por diferentes adesivos/estratégias de adesão apresentaram-se significativamente diferentes entre si em termos de média de valores de resistência adesiva obtidos ($p < 0,001$). A condição de humidade da dentina não influenciou de forma significativa o desempenho adesivo ($p = 0,424$) (figura 17 e 18). Na análise das medições repetidas, verificou-se que o tempo de envelhecimento influenciou os valores de resistência adesiva observados, constatando-se diferenças estatisticamente significativas entre os três momentos temporais de análise ($p < 0,001$). Finalmente, verificaram-se interações com significância estatística demonstrando-se que os valores de resistência adesiva observados entre os diferentes fatores adesivo/estratégias de adesão são influenciados pelo tempo de envelhecimento dos espécimes ($p = 0,002$).

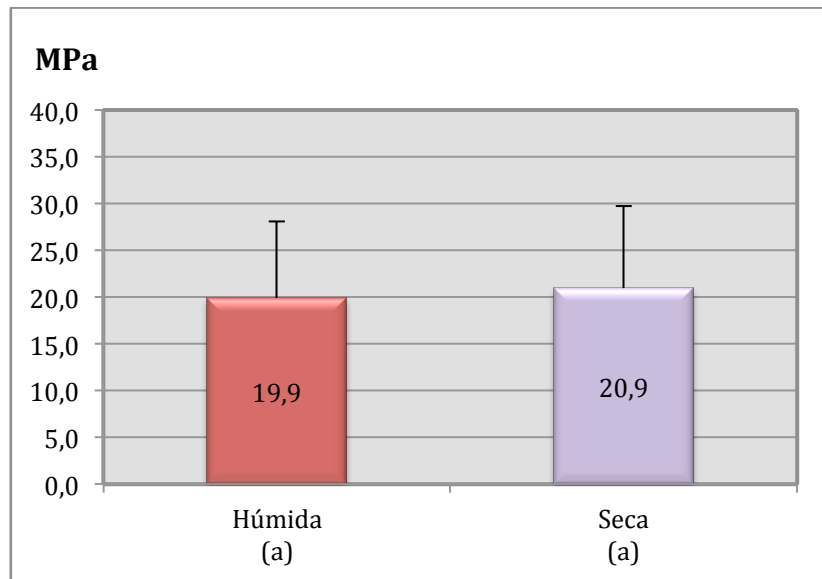


Figura 17 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes, de acordo com o fator condição de humidade da dentina. Os grupos assinalados com a mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si ($p>0,05$).

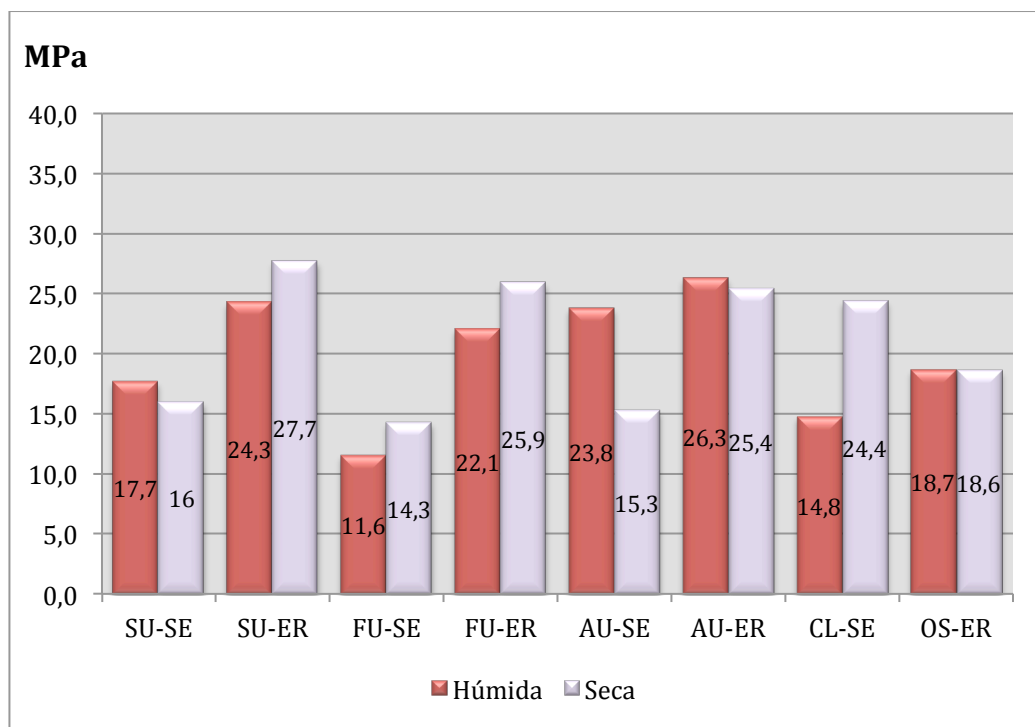


Figura 18 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes para cada fator adesivo/estratégia de adesão, de acordo com o fator condição de humidade da dentina.

Tendo em conta o resultado das interações, foram realizadas três ANOVAS unifatoriais, complementadas por testes *post-hoc* de Tukey para comparação múltipla de pares de médias de cada nível do fator adesivo/estratégia de adesão, em cada tempo de envelhecimento.

Nos espécimes processados às 24 h, o grupo FU-SE apresentou o valor médio mais baixo de resistência adesiva ($15,3 \pm 7,17$ MPa) enquanto que o grupo AU-ER apresentou o valor médio mais elevado ($29,8 \pm 7,50$ MPa). Apesar de todos os adesivos universais aplicados após condicionamento ácido, apresentarem forças de resistência adesiva mais elevadas do que os seus homólogos aplicados de forma *self-etch*, essa superioridade foi estatisticamente significativa apenas para o adesivo FU ($p=0,021$). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os adesivos universais e os adesivos controlo de cada uma das estratégias adesivas ($p>0,05$) - figura 19.

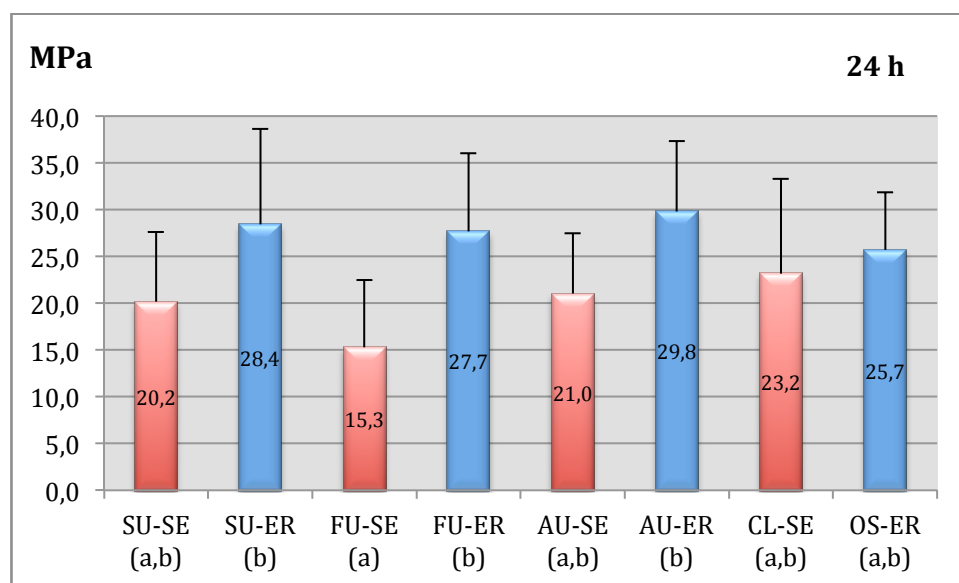


Figura 19 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes avaliados às 24 h, de acordo com o fator adesivo/estratégia de adesão. Os grupos assinalados com a mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si ($p>0,05$).

Nos espécimes processados aos 6 meses, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ($p>0,05$) entre as duas estratégias de adesão

utilizadas com o adesivo universal AU ($p=0,548$). Os adesivos SU e FU apresentaram forças de resistência adesiva mais elevadas quando aplicados após condicionamento ácido da dentina, face aos valores encontrados quando os adesivos foram aplicados segundo estratégia *self-etch* ($p=0,002$ e $p=0,004$), respetivamente. Na versão *etch-and-rinse*, o SU foi o único adesivo universal que apresentou valores de resistência adesiva significativamente ($p=0,033$) mais altos do que o adesivo OS ($18,7 \pm 5,51$ MPa), utilizado com controlo desta técnica adesiva. Quando aplicados de forma *self-etch*, os adesivos universais não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p>0,05$) entre si, nem em relação ao adesivo CL, utilizado como controlo da técnica (figura 20).

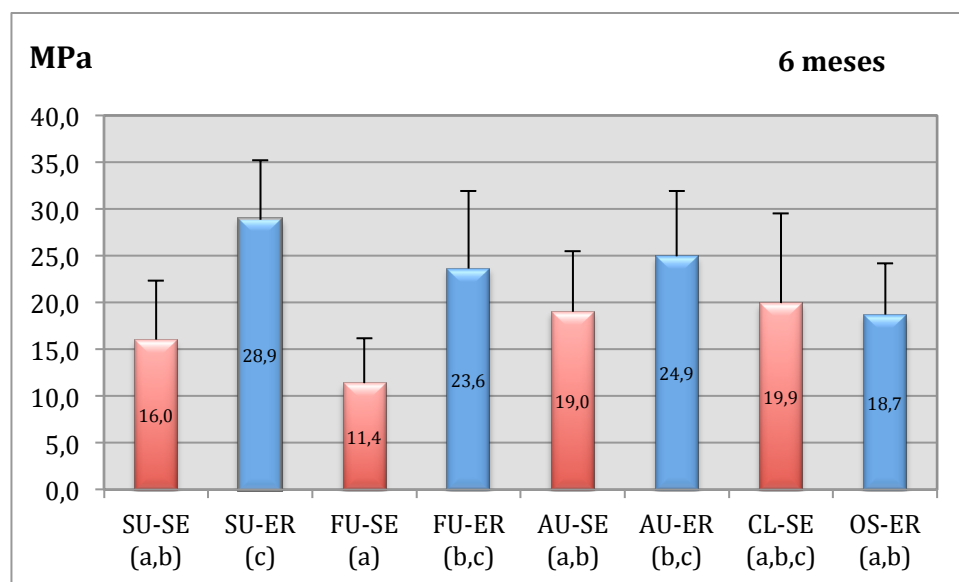


Figura 20 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes avaliados aos 6 meses, de acordo com o fator adesivo/estratégia de adesão. Os grupos assinalados com a mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si ($p>0,05$).

Após 12 meses de envelhecimento, os valores de resistência mais elevados foram encontrados para os adesivos universais aplicados na sua estratégia de aplicação *etch-and-rinse* – média de $20,7 \pm 6,04$ MPa para o grupo SU-ER; $20,7 \pm 4,43$ MPa para o grupo FU-ER e $22,7 \pm 7,64$ MPa para o grupo AU-ER. Quando o mesmo adesivo foi comparado nas suas diferentes estratégias de adesão, apenas o adesivo FU apresentou forças de resistência adesiva

significativamente maiores quando aplicado após condicionamento ácido ($p=0,026$). Todos os adesivos universais aplicados segundo a estratégia de adesão *etch-and-rinse*, SU-ER, FU-ER e AU-ER, apresentaram valores significativamente mais altos do que o adesivo controle da mesma técnica adesiva, o adesivo OS ($p=0,010$; $p=0,011$ e $p=0,001$, respectivamente). Quando aplicados de forma *self-etch*, os adesivos universais não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si ($p>0,05$), nem em relação ao adesivo CL, utilizado como controle da técnica - figura 21.

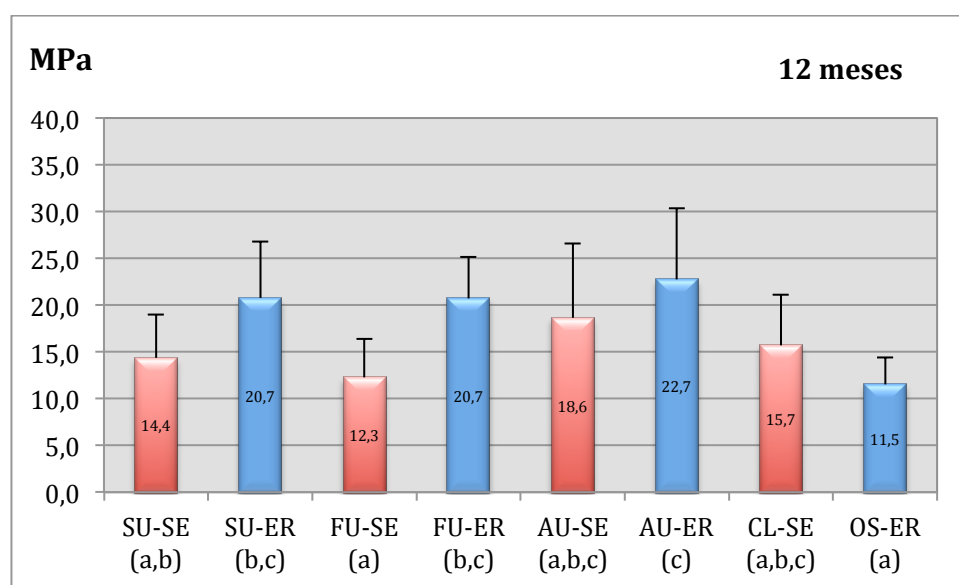


Figura 21 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes avaliados aos 12 meses, de acordo com o fator adesivo/estratégia de adesão. Os grupos assinalados com a mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si ($p>0,05$).

Quanto ao efeito do envelhecimento em cada um dos grupos de estudo avaliado pelas diferenças entre as médias das observações nos três instantes temporais considerados, verificou-se que em termos globais as forças adesivas diminuíram ao longo do tempo de forma significativa ($p<0,05$).

O grupo AU na sua versão de aplicação *self-etch* foi o único que não apresentou diminuição significativa ($p>0,05$) de resistência adesiva entre

qualquer dos momentos considerados (24 h *versus* 6 meses, 6 meses *versus* 12 meses e 24 h *versus* 12 meses) - figura 22.

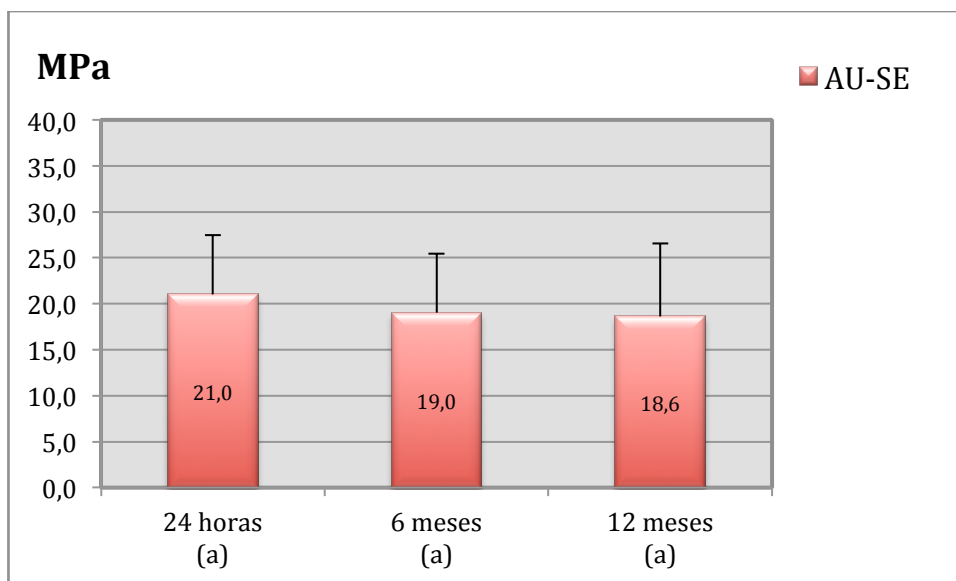


Figura 22 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes do fator Adhese Universal/*self-etch*, de acordo com o fator tempo de envelhecimento. Letras iguais correspondem a grupos estatisticamente não diferentes entre si ($p > 0,05$).

Os grupos SU-SE, FU-SE, FU-ER e AU-ER mostraram diminuição da resistência adesiva entre as observações das 24 h e as dos 6 meses, com reduções variando entre 15 e 21% para os valores médios de cada grupo, sugerindo uma perda precoce da resistência adesiva (figura 23, 24, 25 e 26).

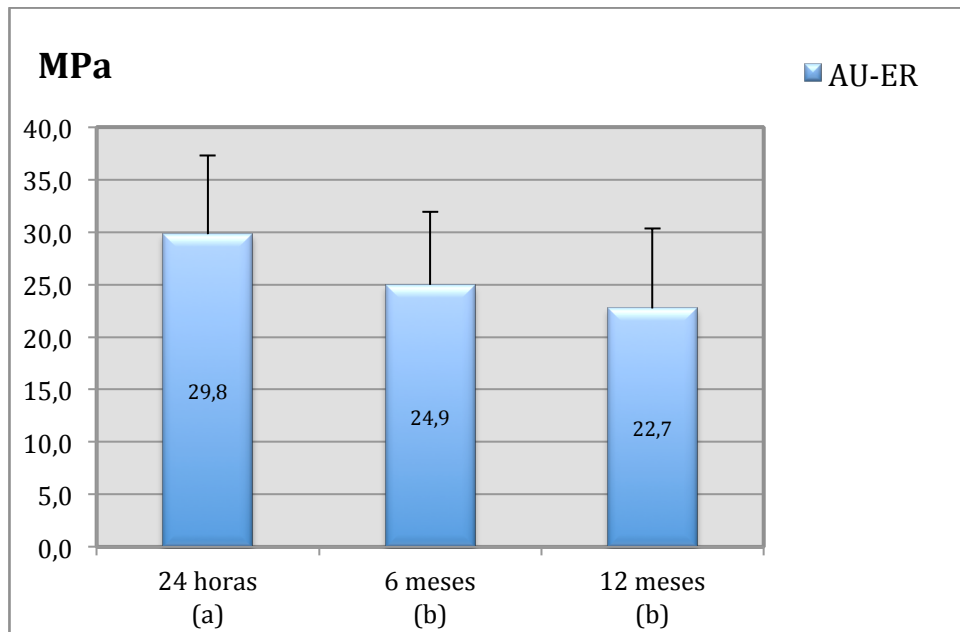


Figura 23 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes do fator Adhese Universal/*etch-and-rinse*, de acordo com o fator tempo de envelhecimento. Letras iguais correspondem a grupos estatisticamente não diferentes entre si ($p>0,05$).

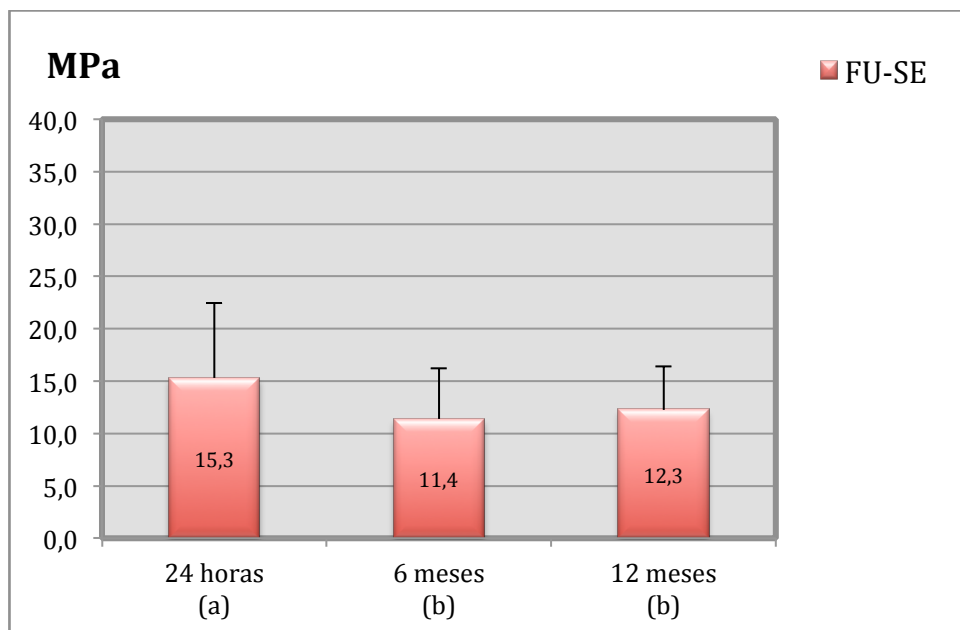


Figura 24 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes do fator Futurabond Universal/*self-etch*, de acordo com o fator tempo de envelhecimento. Letras iguais correspondem a grupos estatisticamente não diferentes entre si ($p>0,05$).

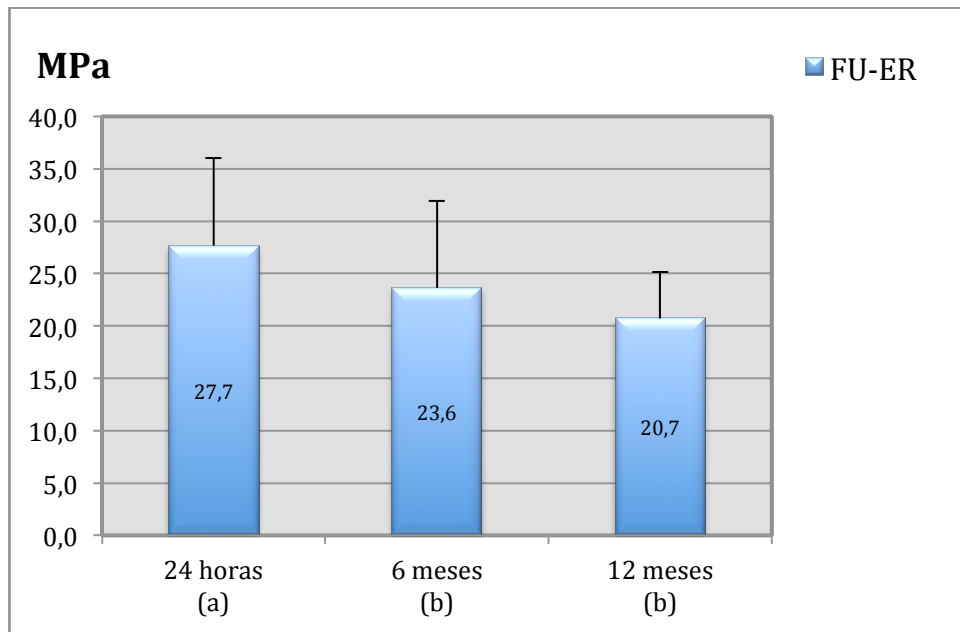


Figura 25 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes do fator Futurabond U/*etch-and-rinse*, de acordo com o fator tempo de envelhecimento. Letras iguais correspondem a grupos estatisticamente não diferentes entre si ($p>0,05$).

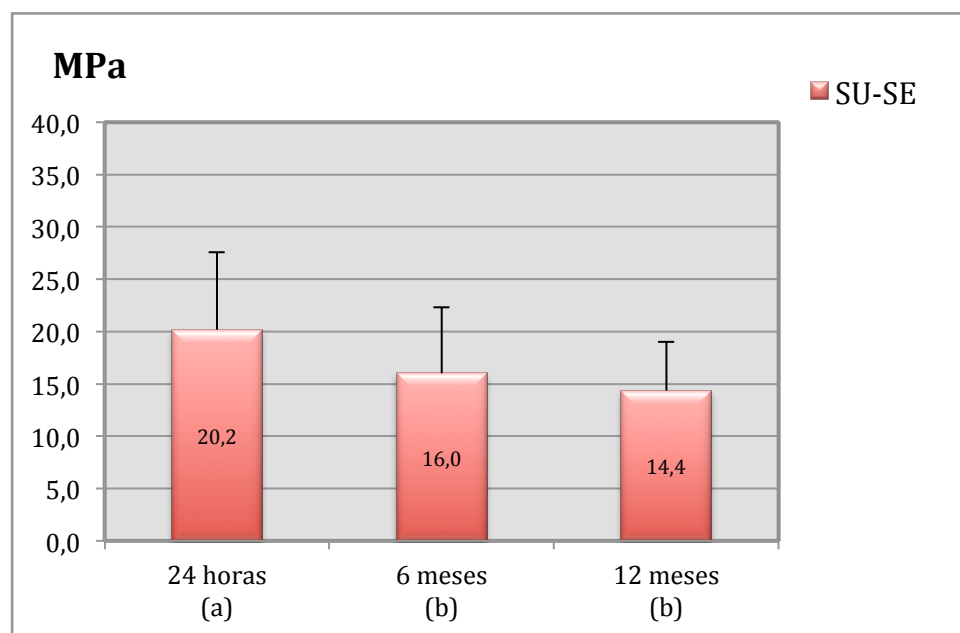


Figura 26 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes do fator Scotchbond Universal/*self-etch*, de acordo com o fator tempo de envelhecimento. Letras iguais correspondem a grupos estatisticamente não diferentes entre si ($p>0,05$).

O grupo controlo da estratégia *etch-and-rinse* (OS-ER) revelou uma perda significativa ($p>0,05$) de resistência quer entre as 24 h e os 6 meses, quer entre os 6 meses e os 12 meses (figura 27). Já o adesivo controlo da técnica *self-etch*, o adesivo CL, bem como o grupo SU-ER apesar de não perder em resistência adesiva na comparação entre as 24 h e os 6 meses, acabaram por demonstrar valores de resistência adesiva significativamente ($p>0,05$) inferiores aos 12 meses, quando comparado com os 6 meses e com as observações das 24 h (figura 28 e 29).

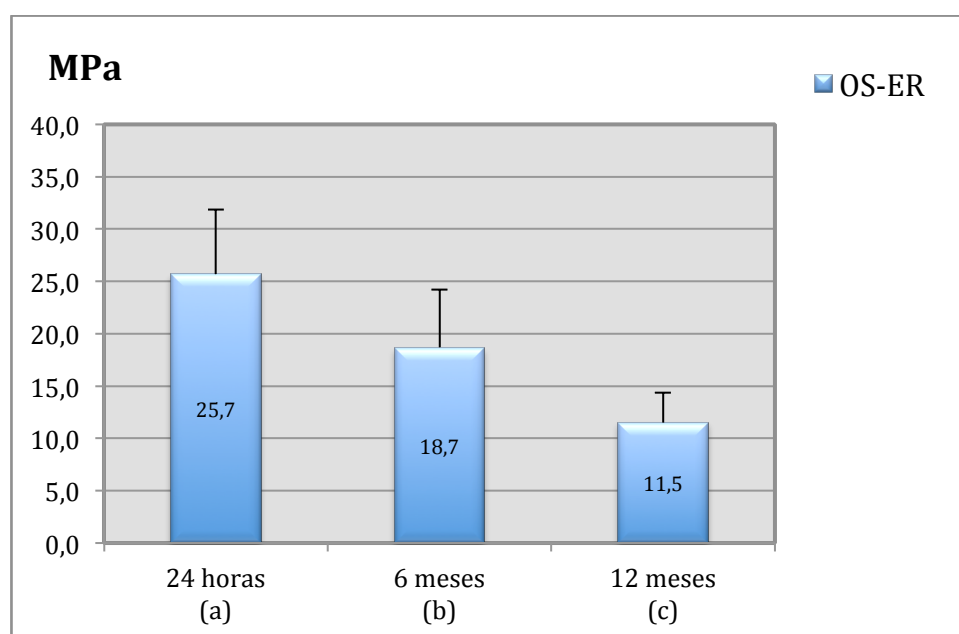


Figura 27 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes do fator Optibond SOLO/*etch-and-rinse*, de acordo com o fator tempo de envelhecimento. Letras iguais correspondem a grupos estatisticamente não diferentes entre si ($p>0,05$).

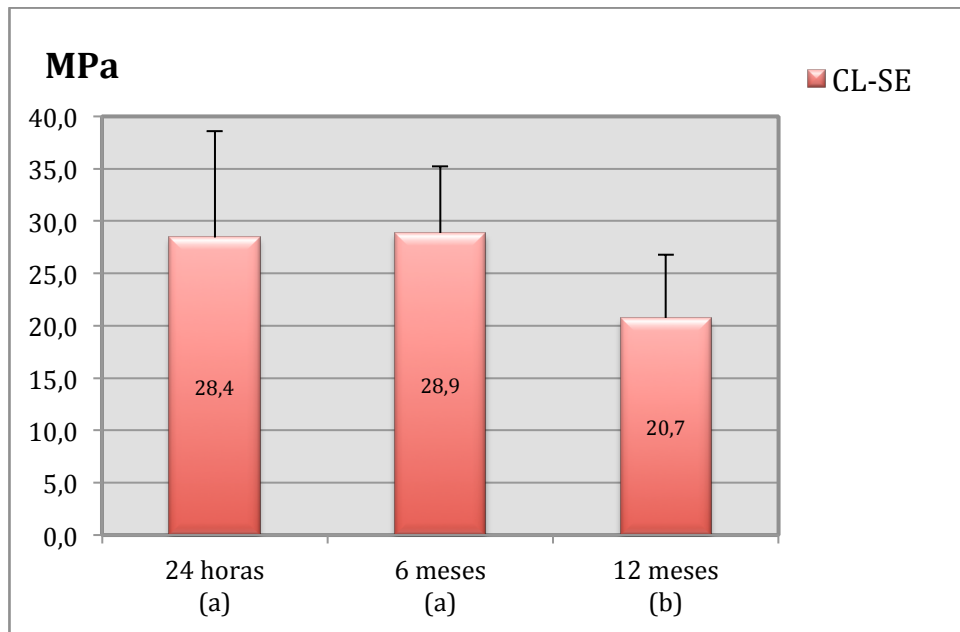


Figura 28 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes do fator Clearfil SE Bond/*etch-and-rinse*, de acordo com o fator tempo de envelhecimento. Letras iguais correspondem a grupos estatisticamente não diferentes entre si ($p>0,05$).

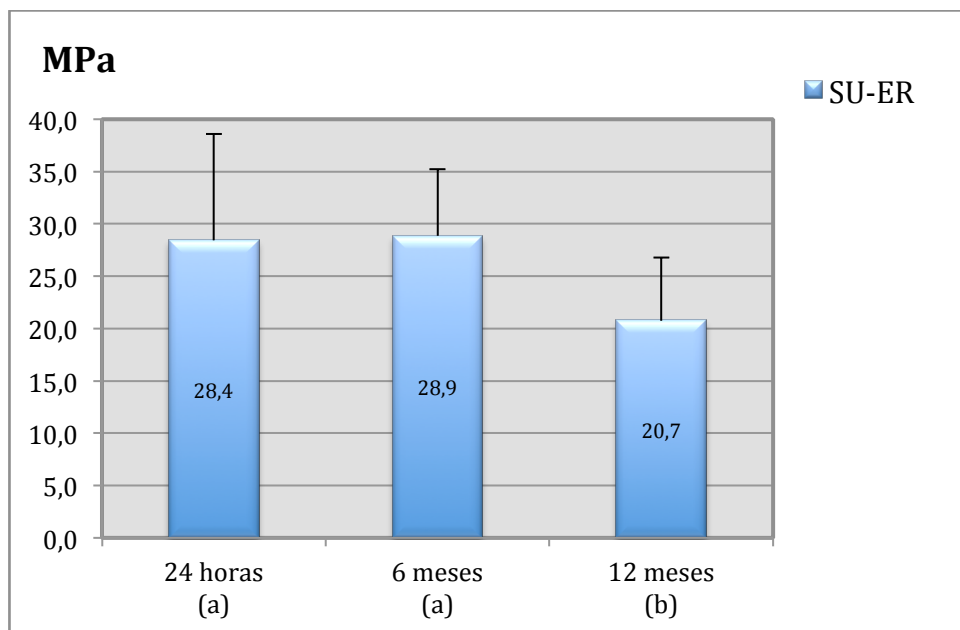


Figura 29 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes do fator Scotchbond Universal/*etch-and-rinse*, de acordo com o fator tempo de envelhecimento. Letras iguais correspondem a grupos estatisticamente não diferentes entre si ($p>0,05$).

Quanto à magnitude de deterioração das forças ao longo do tempo (variação 24 h - 12 meses), verificou-se que genericamente os espécimes submetidos a condicionamento ácido da dentina apresentam deterioração mais marcada do seu comportamento adesivo ($p=0,05$), em comparação com os espécimes dos grupos *self-etch*.

1.4.2 Resultados do estudo da influência das características regionais da dentina nas forças de resistência adesiva a esse substrato

As forças de resistência adesiva dos palitos centrais e as forças de resistência adesiva dos palitos periféricos não foram significativamente diferentes entre si para nenhuma das estratégias de adesão ($p=0,154$) e entre nenhum dos tempos de avaliação ($p=0,167$) – tabela 10.

Tabela 10 – Valores médios de resistência adesiva obtidos nos espécimes, em MPa, em função da posição relativa na dentina de onde foi obtido o palito e de acordo com a estratégia de adesão e com o tempo de envelhecimento dos espécimes.

Posição relativa do palito	Forças de resistência adesiva à dentina				
	Média (desvio padrão)				
	Estratégia de adesão		Tempo de envelhecimento		
	<i>Self-etch</i>	<i>Etch-and-rinse</i>	24 h	6 meses	12 meses
Central	27,2 (7,42)	25,7 (7,80)	30,1 (11,08)	26,3 (8,59)	23,0 (8,54)
Periférica	25,9 (5,53)	25,1 (6,22)	28,3 (8,61)	26,0 (8,92)	25,5 (5,86)

1.4.3 Resultados do estudo do tipo de falha

A tabela 11 detalha as frequências de cada tipo de falha observada em cada grupo de estudo, de acordo com o sistema adesivo/estratégia de adesão, de acordo com a condição de humidade da dentina e de acordo com o tempo de envelhecimento dos espécimes.

Tabela 11- Número (percentagem) de espécimes de acordo com o tipo de falha de todos os grupos em estudo: A) falha adesiva, M) falha mista e C) falha coesiva.

Adesivo/ Estratégia de adesão/ Condição de Humidade da dentina	Tipo de falha N(%)								
	Tempos de envelhecimento								
	24 h			6 meses			12 meses		
	A	M	C	A	M	C	A	M	C
SU-SE-H	35 (72,9%)	19 (20,8%)	3 (6,3%)	25 (52,1%)	10 (20,8 %)	13 (27,1 %)	35 (72,9 %)	4 (8,3%)	9 (18,8 %)
SU-SE-S	48 (76,2%)	10 (15,%)	5 (7,9%)	42 (66,7 %)	7 (11,1 %)	14 (22,2 %)	44 (69,8%)	8 (12,7%)	11 (17,5%)
SU-ER-H	14 (24,6%)	30 (52,%)	13 (22,%)	20 (35,1 %)	18 (31,6%)	19 (33,3%)	26 (45,6%)	19 (33,3%)	12 (21,1%)
SU-ER-S	17 (29,3%)	30 (51,7%)	11 (19,%)	24 (41,4%)	16 (27,6%)	18 (31,0%)	26 (44,8 %)	17 (29,3%)	15 (25,9%)
FU-SE-H	49 (96,1%)	1 (2,0 %)	1 (2,0 %)	47 (92,2%)	0 (0,0%)	4 (7,8 %)	48 (94,1 %)	2 (3,9%)	1 (2,0 %)
FU-SE-S	45 (90,0 %)	4 (8,0 %)	1 (2,0%)	40 (80,0%)	3 (6,0%)	7 (14,0%)	44 (88,0%)	2 (4,0%)	4 (8,0%)
FU-ER-H	32 (60,4%)	15 (28,%)	6 (11,3%)	31 (58,5%)	10 (18,9%)	12 (22,6%)	32 (60,4%)	11 (20,8%)	10 (18,9%)
FU-ER-S	27 (47,4%)	22 (38,6%)	8 (14,0%)	22 (37,3%)	16 (27,1%)	21 (35,6%)	31 (52,5 %)	10 (16,9 %)	18 (30,5%)
AU-SE-H	31 (59,6%)	16 (30,8%)	5 (9,6%)	34 (65,4%)	6 (11,5%)	12 (23,1%)	28 (53,8%)	7 (13,5%)	17 (32,7%)
AU-SE-S	43 (84,3%)	7 (13,7%)	1 (2,0%)	40 (78,4%)	2 (3,9%)	9 (17,6%)	35 (68,6%)	7 (13,7%)	9 (17,6%)
AU-ER-H	18 (37,5%)	25 (52,1%)	5 (10,4%)	21 (42,9%)	13 (26,5%)	15 (30,6%)	13 (26,5%)	12 (24,5%)	24 (49,0%)
AU-ER-S	34 (65,4%)	12 (23,1%)	6 (11,5%)	32 (60,4%)	5 (9,4%)	16 (30,2%)	24 (45,3%)	16 (30,2%)	13 (24,5%)
CL-SE-H	42 (67,7%)	16 (25,8%)	4 (6,5%)	46 (69,4%)	6 (9,7%)	13 (21,0%)	47 (75,8%)	7 (11,3%)	8 (12,9%)
CL-SE-S	23 (51,1%)	14 (31,1%)	8 (17,8%)	21 (46,7%)	14 (31,1%)	10 (22,2%)	22 (48,9%)	11 (24,4%)	12 (26,7%)
OS-ER-H	29 (70,7%)	10 (24,4%)	2 (4,9%)	26 (63,4%)	7 (17,1%)	8 (19,5%)	27 (65, %)	6 (14,6%)	8 (19,5%)
OS-ER-S	31 (60,8%)	15 (29,4%)	5 (9,8%)	32 (62,7%)	7 (13,7%)	12 (23,5 %)	26 (51,0%)	9 (17,6%)	16 (31,4%)
Total	518 (61,7%)	237 (28,2%)	84 (10,0%)	253 (58,8%)	70 (16,3%)	107 (24,9%)	252 (58,6%)	80 (18,6%)	98 (22,8%)

Quanto ao tipo de falha ocorrida aquando da fratura dos espécimes, analisada pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, encontraram-se diferenças estatisticamente significativas para o fator adesivo/estratégia de adesão ($p < 0,001$) e para o fator tempo de envelhecimento ($p = 0,005$), mas não foram encontradas diferenças significativas para o fator condições de humidade da dentina ($p = 0,569$).

A figura 30 expressa os resultados encontrados para cada adesivo em função da estratégia de adesão utilizada.

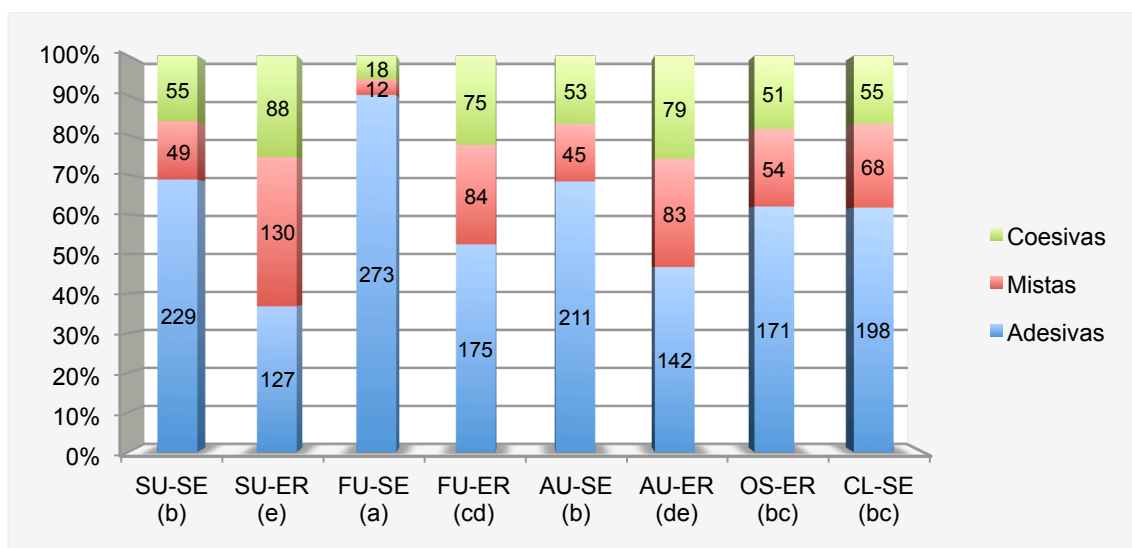


Figura 30 - Distribuição do tipo de fratura dos espécimes de acordo com o fator adesivo/estratégia de adesão. Os grupos com letras iguais não são estatisticamente diferentes entre si ($p > 0,05$).

As falhas coesivas foram mais frequentes quando os adesivos universais foram utilizados segundo estratégia de adesão *etch-and-rinse* (SU-ER=25,5%, FU-ER=22,5% e AU-ER=26,0% *versus* SU-SE=16,5%, FU-SE=5,9% e AU-SE=17,2%). As falhas adesivas encontraram-se com maior expressão nas estratégias *self-etch* dos mesmos adesivos universais (SU-SE=68,8%, FU-SE=90,1%, AU-SE=68,3% *versus* SU-ER=36,8%, FU-ER=52,4%, AU-ER=46,7%).

Quando os adesivos foram aplicados segundo estratégia *self-etch* o adesivo FU apresentou diferenças significativas em relação aos restantes adesivos

aplicados segundo a mesma estratégia ($p < 0,001$). O grupo FU-SE apresentou a maior frequência de fraturas adesivas (90,1%) e o menor número de fraturas coesivas (5,9%) e mistas (4,0%). No que diz respeito à estratégia de adesão *etch-and-rinse*, o adesivo FU apresentou resultados estatisticamente diferentes do adesivo SU ($p = 0,01$), mas não diferentes do adesivo AU ($p = 1,00$), em termos de tipo de falha. O sistema FU-ER apresentou maior número de falhas adesivas (52,4%) e menor número de falhas mistas (25,1%) e coesivas (22,5%), em relação ao adesivo SU que apresentou 36,8% de falhas adesivas, 37,7% de falhas mistas e 25,5% de falhas coesivas.

A figura 31 expressa a não influência da condição de humidade da dentina no tipo de falha dos adesivos universais em estudo ($p = 0,569$).

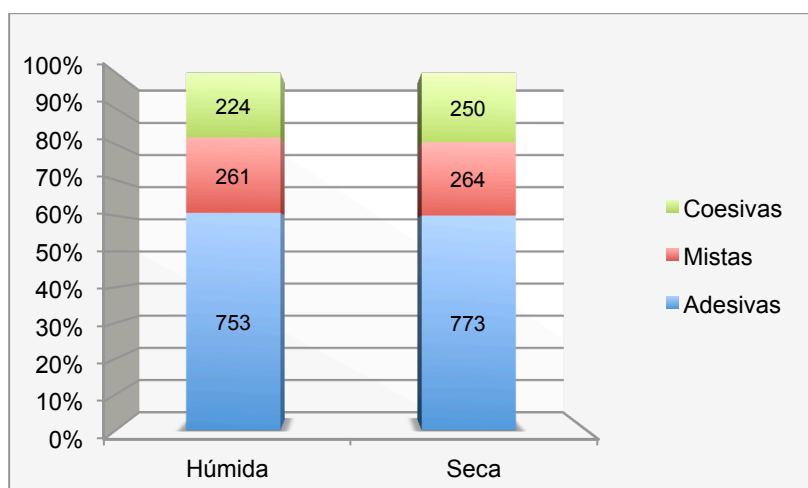


Figura 31 - Distribuição do tipo de fratura dos espécimes de acordo com a condição de humidade da dentina. Os espécimes restaurados com a dentina seca não são significativamente diferentes dos espécimes restaurados com dentina húmida ($p = 0,569$).

O tempo de envelhecimento influencia de forma significativa o tipo de falha dos adesivos universais em estudo, quer após 6 meses de avaliação ($p = 0,007$), quer após envelhecimento durante 12 meses ($p = 0,043$) face aos tipos de falha encontrados às 24 h. No entanto, não foram encontradas diferenças significativas no tipo de falha entre os 6 e os 12 meses ($p = 1,00$). A figura 32 expressa a influência do tempo de envelhecimento no tipo de falha.

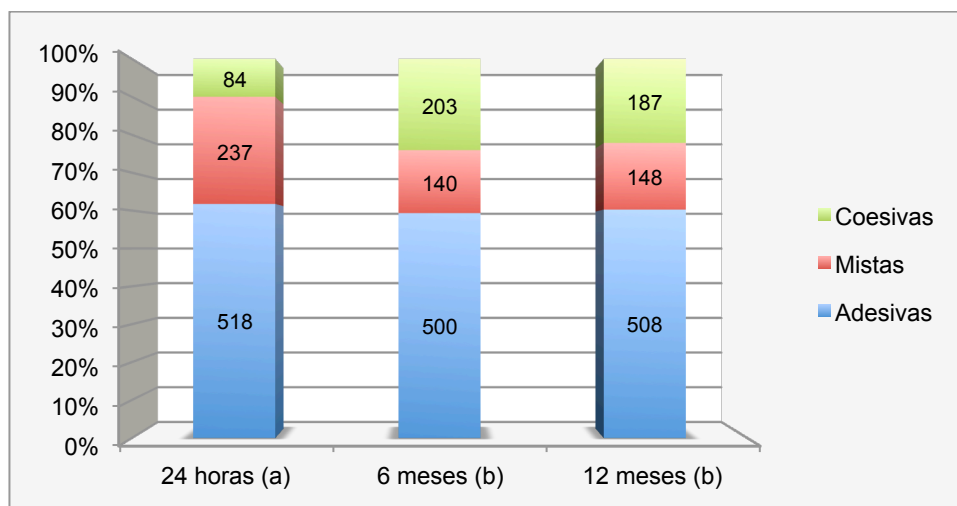


Figura 32 - Distribuição do tipo de fratura dos espécimes de acordo com tempo de envelhecimento. Grupos com letras iguais não são estatisticamente diferentes entre si ($p>0,05$).

O tipo de falha predominante no estudo foi de natureza adesiva quer às 24 h (61,7%) quer aos 12 meses (60,3%). As falhas de natureza mista foram observadas em 28,2% dos casos às 24 h e 17,6% aos 12 meses e as falhas coesivas foram observadas em 10,0% dos resultados às 24 h e em 18,8% dos casos aos 12 meses.

No que diz respeito aos palitos que falharam antes de serem testados, os resultados descritivos estão explícitos na figura 33. Os adesivos *self-etch* apresentaram o maior número de falhas pré-teste.

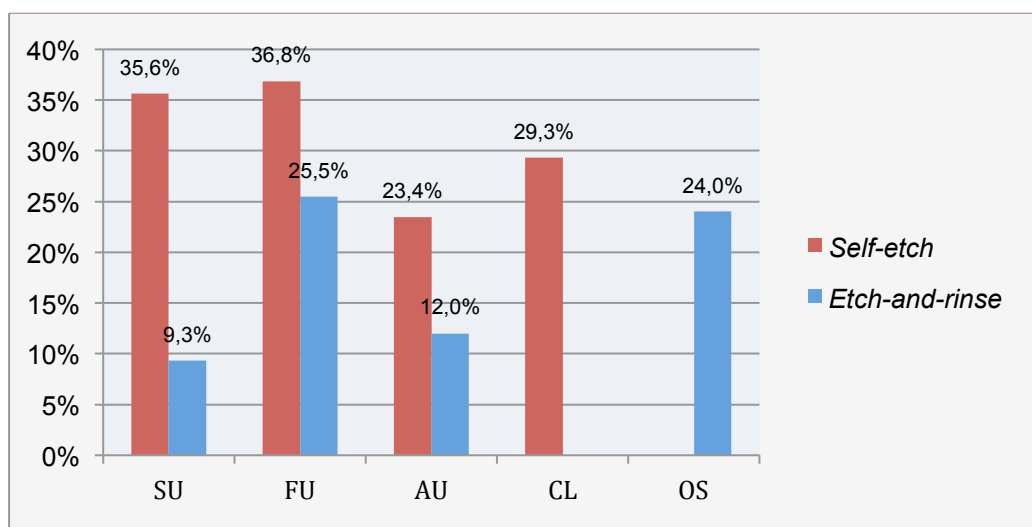


Figura 33 - Avaliação das falhas pré-teste por adesivo e estratégia de adesão.

1.5 Discussão

1.5.1 Limitações do estudo de resistência adesiva

1.5.1.1 Limitações da técnica de microtração

A fim de permitir uma comparação de dados efetiva entre estudos e uma discussão mais abrangente e realista, é necessário padronizar com mais detalhe os protocolos para o estudo de microtração. Torna-se difícil comparar resultados numéricos de resistência adesiva, quando metodologias diferentes são utilizadas.

No presente estudo foi utilizada uma velocidade de tração dos espécimes de 1,0 mm/min, uma vez que é considerada a velocidade que causa uma tensão mais uniforme na interface adesiva (Perdigão *et al.*, 2014b). As forças de adesão são tendencialmente maiores quanto mais alta a velocidade de tração dos espécimes (Reis *et al.*, 2005; Takahashi *et al.*, 2002b). Este aspeto pode tornar-se pertinente quando o mesmo adesivo é comparado entre dois artigos que utilizam velocidades de tração diferentes.

Outro aspeto que pode justificar a variabilidade de resultados entre artigos é a área de adesão testada. Existe uma relação inversa entre a resistência e a área de adesão (Pashley *et al.*, 1999; Sano *et al.*, 1994b). Este facto pode ser explicado pela teoria de Griffith (1921), que defende que os defeitos internos dos espécimes são considerados propagadores de fissuras. Espécimes menores ao conterem um menor número de defeitos permitem uma distribuição mais homogênea das tensões, o que resulta em resistências maiores.

Os testes de resistência adesiva permitem ordenar os sistemas adesivos de acordo com os seus valores de forças de adesão. No entanto, a extrapolação dos resultados para inferir sobre o desempenho clínico destes adesivos deve ser cuidadosa (Braga *et al.*, 2010; Finger, 1988; Sudsangiam e van Noort, 1999). O processo adesivo laboratorial não contempla alguns aspetos intra-orais que podem interferir com a adesão ou mesmo acelerar de forma mais rápida a degradação da interface adesiva; como são exemplo, o substrato

dentinário hipermineralizado ou alterado pelo processo de cárie, a umidade e a temperatura bucal, a presença de enzimas ou a pressão pulpar (Drummond *et al.*, 1996; Li *et al.*, 2002; Loguercio *et al.*, 2005; Nikaido *et al.*, 2002; Price *et al.*, 2003).

Recentemente, Lenzi *et al.* (2015) mostraram que a influência da estratégia de adesão nas forças de resistência adesiva à dentina é substrato dependente. O adesivo Scotchbond Universal aplicado na sua versão *self-etch* apresenta forças menores do que quando aplicado na sua versão *etch-and-rinse*, em dentina saudável; mas sem diferenças estatísticas para as duas estratégias de adesão quando aplicados em dentina afetada pela cárie.

Ainda que os resultados das forças de microtração não se correlacionem de forma direta com a taxa de retenção clínica destes adesivos (Heintze *et al.*, 2011), alguns autores encontraram uma correlação direta entre as forças adesivas e a pigmentação marginal (Heintze *et al.*, 2011; Heintze *et al.*, 2015). No entanto, não existem estudos clínicos a longo prazo que mostrem que a pigmentação marginal resulte na perda da restauração. Alguns estudos clínicos têm mostrado, no entanto, que existe uma dependência entre a pigmentação marginal e a adaptação marginal da restauração, justificando que a pigmentação marginal começa em pequenas fraturas na margem dos materiais (Heintze *et al.*, 2015; Loguercio *et al.*, 2005).

1.5.1.2 Influência da espessura da *smear layer* nas forças de resistência adesiva

O instrumento utilizado para criar *smear layer* parece interferir com o potencial dos adesivos *self-etch* desmineralizarem a dentina (Oliveira *et al.*, 2003). Uma *smear layer* mais espessa e uma maior rugosidade da superfície correspondem a uma menor infiltração por parte dos adesivos *self-etch* e eventualmente a menores forças adesivas (Mine *et al.*, 2010). Todavia o tema é controverso, pois diferentes resultados podem ser encontrados na literatura. Alguns autores mostraram baixas forças de adesão à dentina em camadas de *smear layer* espessas (Koibuchi *et al.*, 2001; Ogata *et al.*, 2001); enquanto que outros mostraram que a espessura da *smear layer* não teria influência nas forças

adesivas (Tani e Finger, 2002; Tay *et al.*, 2000a). Estas diferenças podem ser esclarecidas pelas diferenças de rugosidade, densidade e ligação à dentina subjacente, que dependem da forma como a *smear layer* foi criada (Perdigão, 2010).

No presente estudo, foi criada uma *smear layer* fina com papéis de carvão de silício de grão 600, de acordo com recomendações da ISO TS 11405 (Dental materials - Testing of adhesion to tooth structure, 2003), de modo a produzir uma *smear layer* relevante, de cerca de $1,4 \pm 0,2 \mu\text{m}$ que é comparável à *smear layer* produzida clinicamente por brocas de tungsténio ou brocas diamantadas de grão fino. No entanto, produz uma espessura de *smear layer* inferior à *smear layer* produzida por brocas diamantadas de grão médio ou grosso, frequentemente utilizadas para instrumentar o substrato cariado e forças adesivas mais elevadas (Oliveira *et al.*, 2003; Sattabanasuk *et al.*, 2007; Tani e Finger, 2002). Segundo Oliveira *et al.* (2003), a espessura de *smear layer* criada, clinicamente, por este tipo de instrumento, relaciona-se de forma mais direta com a *smear layer* criada, laboratorialmente, por papéis abrasivos de granulação 320. Já Mowery *et al.* (1987) encontraram diferenças significativas nas forças adesivas apenas entre os papéis de granulação 600 e os de granulação 60 que produzem uma *smear layer* bem mais espessa do que as brocas diamantadas de grão grosso.

Admitindo-se a existência de efeito direto da espessura da *smear layer* nas forças adesivas, caso no presente estudo tivessem sido utilizados papéis de abrasividade superior, poder-se-ia verificar uma redução da resistência adesiva dos adesivos universais aplicados em estratégia *self-etch*. Deste modo, é plausível que as diferenças verificadas em termos de resistência adesiva entre as duas estratégias pudessem ser ainda mais evidentes.

A criação de *smear layer* com recurso a papéis de carvão de silício de granulação 600 é prática corrente na literatura atual e por isso os resultados deste estudo podem ser discutidos de uma forma mais direta.

1.5.1.3 Técnica trimming e não-trimming

Com o objetivo de melhor concentrar as forças de microtração na interface adesiva e não nos substratos envolventes, tem sido proposto aparar a área de teste, dando ao palito uma forma de ampulheta - a chamada técnica de *trimming* (Sadek *et al.*, 2006). No entanto, a preparação dessa forma, quando realizada com instrumentos rotatórios, pode criar tensões na interface, que por si só, podem levar à falha prematura da interface adesiva em adesivos com forças de resistência baixas, ou levar a uma diminuição das forças de adesivos com forças de resistência adesiva mais alta (Sadek *et al.*, 2004). Pelo exposto, no presente trabalho os palitos foram testados segundo a técnica não-*trimming*.

1.5.1.4 Palitos incluídos na análise estatística

A resistência adesiva obtida com os palitos que apresentaram falhas coesivas não foram incluídas na análise estatística, por forma a não sobrevalorizar os resultados com espécimes que não fraturaram na interface adesiva. O facto das falhas terem ocorrido no substrato dentinário ou na resina composta não significa que, nestes palitos, a adesão na interface adesiva seja mais alta do que a resistência intrínseca do substrato (Pashley *et al.*, 1999) mas que a maneira como a adesão foi testada, nesses palitos, pode não ter sido uniforme e sim concentrada numa região altamente localizada, promovendo uma fenda no substrato que então falha (Pashley *et al.*, 1999).

As falhas pré-teste, ou também designadas por palitos descolados ou palitos *debonded* correspondem aos palitos que se separaram na interface adesiva, durante o corte dos dentes ou durante o seu manuseamento pelo operador antes de serem testados.

A inclusão ou não inclusão das falhas pré-teste no cálculo da média das forças de resistência adesiva tem sido alvo de confronto de opiniões. Alguns autores atribuem a esses palitos um valor de 0 MPa ou um valor mínimo de 4 a 5 MPa (Pashley *et al.*, 1999) ou de 13 MPa (Bouillaguet *et al.*, 2001), enquanto que outros, não os incluem na análise estatística. A presença de um número

significativo de falhas pré-teste parece indicar uma fragilidade da interface adesiva e como tal consideramos que devam ser incluídos na análise estatística do sistema adesivo em questão, por forma a termos uma visão mais real do desempenho desse adesivo. No entanto, importa destacar que a inclusão dos palitos descolados ou falhas pré-teste na estatística prejudica a grandeza das forças adesivas. A inclusão de um valor de 0 MPa ou um valor demasiado baixo pode mesmo desviar a normalidade dos dados obtidos (Eckert e Platt, 2007). No presente estudo, às falhas pré-teste foi atribuído um valor de 1,76 MPa, correspondente a metade do valor mínimo encontrado em todo o estudo. Desta forma, apesar da inclusão das pré-falhas na análise estatística, foi possível assegurar a normalidade dos dados.

1.5.1.5 Média ao dente

Neste trabalho, o dente foi tratado como unidade experimental (Silva, 2002), isto é, foi feita uma média dos valores obtidos de todos os palitos do mesmo dente para efeitos de análise estatística. A utilização dos palitos enquanto unidade experimental é controversa na medida que se associa a pseudoreplicação e compromete a condição de independência dos espécimes (Camargo *et al.*, 2007).

1.5.2 Influência da estratégia de adesão nas forças de resistência adesiva

Considerando o conceito de “aplicação universal” dos adesivos em estudo, as suas forças adesivas não deveriam ser comprometidas pela estratégia de adesão utilizada. No entanto, no presente trabalho laboratorial, foram encontradas forças de resistência adesiva significativamente mais elevadas, quando o adesivo universal Futurabond U foi aplicado na sua versão *etch-and-rinse*, bem como para o adesivo Scotchbond Universal aos 6 meses de avaliação. Para os adesivos Adhese Universal e Scotchbond Universal (avaliação às 24 h) essa tendência também foi verificada, embora sem significado estatístico. Por conseguinte, rejeitámos a primeira hipótese nula

deste estudo de resistência adesiva, uma vez que a estratégia de adesão do adesivo Futurabond U influencia as forças de resistência adesiva à dentina.

O condicionamento ácido da dentina como forma de melhorar o desempenho adesivo dos sistemas *self-etch* foi também já, previamente encontrado para adesivos *self-etch* de gerações anteriores (Taschner *et al.*, 2010; Taschner *et al.*, 2012).

O adesivo Scotchbond Universal foi o primeiro adesivo universal a ser comercializado, daí ser o mais referenciado na literatura. No entanto, o seu desempenho adesivo em função da sua estratégia de adesão não é consensual. Perdigão *et al.* (2012a) não encontraram correlação entre as forças adesivas deste adesivo universal e a sua estratégia de adesão, quer laboratorialmente (Perdigão *et al.*, 2012a), quer após 18 meses de envelhecimento clínico (Perdigão *et al.*, 2014a). Já para Marchesi *et al.* (2014a) embora a estratégia de adesão do adesivo Scotchbond Universal não tenha influenciado as suas forças adesivas medidas às 24 h, após 12 meses de envelhecimento, em saliva artificial, a versão *self-etch* foi a que apresentou melhores resultados.

Munoz *et al.* (2013) estudaram o desempenho adesivo à dentina dos adesivos Scotchbond Universal, Peak Universal (Ultradent Products, Inc. South Jordan, USA) e All-Bond Universal (Bisco Inc., Shaunburg, IL, USA) quando aplicados segundo diferentes estratégias de adesão. Estes autores, encontraram uma tendência para o aumento das forças adesivas à dentina, quando estes adesivos foram aplicados após condicionamento ácido, embora esse aumento apenas tivesse significado estatístico para o adesivo All-Bond Universal. Este adesivo específico apresenta uma baixa agressividade (pH de cerca de 3,1) que não lhe permite desmineralizar e infiltrar a *smear layer* e a dentina de forma significativa (Muñoz *et al.*, 2014). Forças maiores para a estratégia *etch-and-rinse* foram encontradas também para o adesivo G-Bond Plus (GC Corporation) e de novo para o adesivo All-Bond Universal, por Munoz *et al.* (2014). Wagner *et al.* (2014) também encontraram valores tendencialmente mais elevados para os adesivos Futurabond U, Scotchbond Universal e All-Bond Universal quando

estes foram aplicados após condicionamento da dentina, embora não tenham encontrado diferenças estatisticamente significativas entre as técnicas adesivas, mesmo para o adesivo All-Bond Universal, cuja diferença estatisticamente significativa tinha já sido encontrada por outros autores.

O efeito da aplicação de ácido fosfórico antes dos adesivos *self-etch* convencionais e dos adesivos *self-etch* universais parece ser material-dependente (Erhardt *et al.*, 2008; Muñoz *et al.*, 2013; Taschner *et al.*, 2012). No entanto, a sua aplicação não parece prejudicar o desempenho adesivo dos adesivos universais, podendo mesmo, para alguns adesivos, como o adesivo Futurabond U, o adesivo G-Bond Plus ou o adesivo All-Bond Universal, melhorar as suas forças de resistência adesiva à dentina. Clinicamente, este facto pode tornar-se relevante pois é difícil condicionar o esmalte sem condicionar parte da dentina, em especial quando utilizadas soluções ácidas menos viscosas ou em cavidades complexas.

Os adesivos universais interagem de duas formas com a dentina: por retenção micromecânica devido à polimerização *in situ* dos monómeros de resina infiltrados na dentina, especialmente se for efetuado o condicionamento prévio da dentina e a *smear layer* for removida, e por interação química por ligação iónica entre os monómeros funcionais do sistema adesivo e o cálcio residual da hidroxiapatite dentinária. Quando os adesivos universais são aplicados segundo a estratégia de adesão *etch-and-rinse*, a retenção micromecânica torna-se o principal meio de retenção do adesivo. Já na versão *self-etch* a interação química entre o adesivo e a dentina constitui a forma mais importante de retenção (Perdigão *et al.*, 2014b).

Qual dos meios de retenção tem maior influência nas forças adesivas é discutível e isso reflete-se nos resultados dos diferentes estudos laboratoriais. Acredita-se que a retenção micromecânica promova uma retenção imediata da resina que impede que o adesivo se solte; no entanto, a retenção química parece garantir a durabilidade e reduzir a degradação da interface adesiva (Perdigão *et al.*, 2014b).

No presente estudo, o facto de as forças adesivas à dentina apresentarem uma tendência para aumentar após aplicação de ácido, sugere que a manutenção da *smear layer* reduz a eficácia da adesão (Muñoz *et al.*, 2014), uma vez que esta constitui uma barreira física à penetração dos monómeros de resina (De Munck *et al.*, 2005b; Van Meerbeek *et al.*, 2003b). Além disso, os remanescentes da *smear layer* podem atuar como contaminantes, impedindo que as cadeias de polímero se aproximem durante o processo de polimerização. Tal facto pode resultar num menor grau de conversão quando os adesivos são utilizados na sua versão *self-etch* e por conseguinte, em melhores forças adesivas na estratégia *etch-and-rinse* (Muñoz *et al.*, 2014).

Contudo, de acordo com o conceito de adesão-descalcificação proposto para os adesivos *self-etch* (Yoshida *et al.*, 2001; Yoshioka *et al.*, 2002), a desmineralização agressiva dos tecidos duros do dente pela aplicação de ácidos fortes resulta na dissolução dos cristais de hidroxiapatite, abolindo a potencial oportunidade de estabelecer ligações cruzadas entre os monómeros funcionais de resina e os cristais de apatite. Este aspeto é particularmente pertinente porque a maioria dos adesivos universais possuem a molécula de 10-MDP, responsável pela adesão química à hidroxiapatite (Yoshihara *et al.*, 2011a), e que forma com o cálcio um sal, altamente estável e insolúvel em água, que se deposita sobre a dentina em nanocamadas. Esta interação química parece contribuir para a estabilidade e longevidade destes adesivos ao longo do tempo (Van Meerbeek *et al.*, 2003b; Van Meerbeek *et al.*, 2011; Yoshida *et al.*, 2000), uma vez que protege a camada híbrida da degradação (Erhardt *et al.*, 2011; Inoue *et al.*, 2005), ainda que possa não se traduzir num aumento das forças imediatas à dentina. Esta parece ser a justificação, segundo Marchesi *et al.* (2014a), para o adesivo Scotchbond Universal apresentar forças adesivas maiores quando aplicado na sua versão *self-etch* após envelhecimento durante 12 meses, quando às 24 h as forças adesivas não tinham sido influenciadas pela estratégia de adesão. No presente estudo, o adesivo Scotchbond Universal, apresenta forças tendencialmente mais elevadas quando aplicado segundo estratégia *etch-and-rinse* às 24 h. No entanto, aos 6 meses a superioridade das forças adesivas torna-se mesmo

significativa para a versão *etch-and-rinse*, voltando a perder o significado de novo na avaliação dos 12 meses, embora a estratégia *etch-and-rinse* se mantenha com valores mais altos. Estas flutuações salientam a estabilidade da adesão química na versão *self-etch* que se traduz numa descida não significativa das forças na estratégia *self-etch*, face à estratégia *etch-and-rinse*, entre os 6 e os 12 meses de envelhecimento.

Quando aplicados segundo a estratégia de adesão *etch-and-rinse* não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes adesivos universais (FU-ER=AU-ER=SU-ER). Embora às 24 h não se encontrem diferenças significativas entre estes adesivos universais e o adesivo controlo dessa mesma técnica adesiva *etch-and-rinse*, as discrepâncias acentuam-se com o envelhecimento. Aos 12 meses todos os adesivos universais, quando aplicados de modo *etch-and-rinse* apresentam forças estatisticamente superiores ao adesivo Optibond SOLO Plus, um *etch-and-rinse* de dois passos, considerado *gold standard* na sua categoria e utilizado como adesivo controlo na literatura adesiva atual, devido à sua fiabilidade (Sadek *et al.*, 2005). A justificação para esta diferença talvez se prenda com o fato do adesivo Optibond SOLO Plus ser formado por sílica coloidal nanométrica e partículas de vidro que conferem ao adesivo uma consistência espessa e dificultam a sua penetração em toda a profundidade de dentina desmineralizada pelo ácido do próprio sistema (de Castro *et al.*, 2000); que, segundo Perdigão *et al.* (1999c), consegue desmineralizar a dentina numa profundidade maior (6 µm) que outros ácidos similares (1,5 a 4,5 µm). Por outro lado, o fabricante do adesivo Optibond SOLO Plus recomenda a evaporação do solvente durante apenas 3 s, o que poderá não ser suficiente para evaporar o solvente etanol, podendo comprometer o seu desempenho adesivo a médio-longo prazo, face aos adesivos universais (Luque-Martinez *et al.*, 2014). Segundo Hashimoto *et al.* (2004a) o adesivo Optibond SOLO Plus precisa de mais do que uma camada de adesivo para garantir um bom desempenho adesivo, uma vez que a aplicação de uma só camada confere à interface adesiva forças muito baixas (10 MPa) face à aplicação de duas camadas (60 MPa).

Quando os adesivos foram aplicados segundo a sua estratégia *self-etch* seria de esperar que aos adesivos de maior agressividade correspondessem forças adesivas mais altas, uma vez que, para além da adesão química, beneficiariam também de alguma penetração do adesivo na dentina (De Munck *et al.*, 2005c; Isolán *et al.*, 2014; Kenshima *et al.*, 2005; Margvelashvili *et al.*, 2010; Muñoz *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2003). No presente estudo, não foram encontradas diferenças significativas entre os adesivos universais aplicados de forma *self-etch*, talvez porque os valores de pH das suas soluções adesivas não sejam suficientemente diferentes entre si (adesivo Adhese Universal – pH 2,5 a 3; adesivo Scotchbond Universal – pH 2,7 a 3 e adesivo Futurabond U – pH 2,3). Ainda assim, quando nos focamos nos valores absolutos das médias de resistência adesiva para cada um destes adesivos, verificamos que o adesivo Adhese Universal, cujo pH é menor do que o pH do adesivo Scotchbond Universal, apresenta valores de resistência mais elevados. No entanto, tal não se verificou para o adesivo que apresenta um valor de pH mais baixo, o adesivo Futurabond U, que apresentou forças tendencialmente menores do que os restantes, nos três tempos avaliados. Pode especular-se que a ausência de MDP seja a razão para que o adesivo Futurabond U apresente as forças mais baixas à dentina não condicionada por ácido. Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores (Chen *et al.*, 2015; Wagner *et al.*, 2014). A composição química, do adesivo Futurabond U, fornecida pelo fabricante, apenas descreve o monómero funcional presente no adesivo como monometacrilato fosfatado, não evidenciando a presença de MDP. Esta ausência pode também justificar a diferença com significado estatístico encontrado entre as médias das forças de resistência adesiva encontradas entre as estratégias de adesão deste adesivo, uma vez que a ligação química à dentina é menos efetiva.

Já para o adesivo Clearfil SE Bond, cujo pH apresenta o valor mais baixo de todo o estudo (pH 1,9 a 2) foram encontradas forças tendencialmente maiores do que para os restantes adesivos aplicados segundo a mesma estratégia. Resultados mais expressivos desta tendência foram já encontrados por Hanabusa *et al.* (2012) e De Munck *et al.* (2013), que observaram forças

menores para o adesivo Scotchbond Universal do que para o adesivo Clearfil SE Bond. O adesivo Clearfil SE Bond apresenta desmineraliza a dentina, numa profundidade de cerca de 1,2 μm quando aplicado 15 s (Duarte *et al.*, 2006). Por conseguinte, para além de aderir quimicamente à dentina (Tay e Pashley, 2001), promove uma retenção mecânica submicrométrica sobre a superfície de dentina (Van Meerbeek *et al.*, 2003b), que pode beneficiar o seu desempenho enquanto adesivo *self-etch*.

O adesivo Clearfil SE Bond é hoje considerado o adesivo *self-etch* de referência para todos os outros adesivos *self-etch*, quer laboratorial (Garcia *et al.*, 2009; Hashimoto *et al.*, 2010; Okada *et al.*, 2009; Peumans *et al.*, 2010; Sarr *et al.*, 2010; Van Landuyt *et al.*, 2006a) quer clinicamente (Peumans *et al.*, 2010; van Dijken, 2010) e foi utilizado, neste trabalho, como adesivo controlo desta mesma estratégia de adesão.

Este adesivo apresenta uma taxa de retenção de 98% a 8 anos, com ou sem aplicação seletiva de ácido no esmalte (Peumans *et al.*, 2010) e forças mais elevadas do que alguns adesivos *etch-and-rinse* de dois passos (van Dijken, 2010). O sucesso laboratorial e clínico deste adesivo *self-etch* de dois passos, para além da já provada ligação efetiva à dentina (Van Meerbeek *et al.*, 2011), parece dever-se também ao facto do *primer* deste adesivo ser coberto por uma camada de resina hidrofóbica (Albuquerque *et al.*, 2008; Reis *et al.*, 2008; Reis *et al.*, 2009). A aplicação da resina adesiva melhora o grau de conversão dos monómeros deste adesivo (Ikeda *et al.*, 2005b) e origina camadas de adesivo mais espessas que são menos suscetíveis à inibição da polimerização pelo oxigénio (Nunes *et al.*, 2005), o que confere ao adesivo boas propriedades mecânicas.

O adesivo Scotchbond Universal para além de 10-MDP, contém também ácido polialquenóico e elevadas concentrações de HEMA, que competem com o 10-MDP (Yoshida *et al.*, 2012a). Quando o adesivo Scotchbond Universal é aplicado na sua versão *self-etch*, segundo recomendações do fabricante, apresenta forças tendencialmente menores do que o adesivo Clearfil SE Bond, o que pode ser explicado pelo resultado desta competição entre monómeros

(Yoshida *et al.*, 2012b). Mais ainda, o adesivo Scotchbond Universal contém proporcionalmente menos 10-MDP do que o adesivo Clearfil SE Bond (Yoshida *et al.*, 2012b).

O adesivo Adhese Universal é o adesivo universal em estudo mais recente e sem nenhum estudo laboratorial ou clínico ainda apresentado em dentina. No presente estudo este adesivo foi o que apresentou os valores tendencialmente mais elevados de resistência adesiva quando utilizado na sua versão *self-etch*. O adesivo Adhese Universal, tal como o adesivo Scotchbond Universal, apresenta na sua formulação, não um mas dois componentes com afinidade química para a dentina. O adesivo Adhese Universal é formulado com polímeros de ácido carboxílico metacrilados (2,4,6 trimetilfenil 2-[4-(dihidroxifosforil)-2-oxabutil], denominados MCAP, que possuem múltiplos grupos carboxílicos com afinidade química para o cálcio da hidroxiapatite. A presença destes polímeros, para além do MDP, e do seu agente de ligações cruzadas (D₃MA) podem justificar o bom desempenho deste adesivo no presente estudo (Yoshihara *et al.*, 2011b).

1.5.3 Influência da condição de humidade nas forças de resistência adesiva

De uma forma geral, mas em especial para adesivos com solventes voláteis, a estratégia de adesão *etch-and-rinse* preconiza a técnica de adesão húmida (Kanca, 1992b; Reis *et al.*, 2007a), por forma a evitar o colapso da rede de colagénio desmineralizada e dessa forma conduzir a uma redução das forças adesivas quando a dentina é seca (Jacobsen e Söderholm, 1995; Kanca, 1992b; c; Perdigão e Frankenberger, 2001; Tay *et al.*, 1996g).

Todavia, no presente trabalho laboratorial a condição de humidade da dentina não influenciou de forma significativa as forças de resistência adesiva à dentina, quando os adesivos foram aplicados após condicionamento ácido.

Os adesivos universais são adesivos *self-etch* em natureza e possuem água na sua constituição, de forma a ionizar os seus componentes (Carvalho *et al.*, 2005). Este conteúdo hídrico torna os adesivos capazes de reexpandir a rede

de colagénio condicionada, após a sua lavagem e secagem (Kubo *et al.*, 2006; Maciel *et al.*, 1996) o que os torna pouco sensíveis à humidade da dentina para a adesão (Miears *et al.*, 1995), como constatarem ainda outros estudos *in vitro* (Marchesi *et al.*, 2014a; Perdigão *et al.*, 2012a) e *in vivo* atuais (Loguercio *et al.*, 2015a; Mena-Serrano *et al.*, 2013).

Segundo informações disponibilizadas pelo fabricante, a água não parece ser um ingrediente presente em grande quantidade no adesivo universal Futurabond U, uma vez que não é descrita de forma isolada na sua constituição, contrariamente aos outros adesivos universais. No entanto, o adesivo Futurabond U é o adesivo universal com maior conteúdo em HEMA do estudo (25 a 50%, em peso). O HEMA permite que o colagénio se mantenha expandido durante a infiltração dos monómeros de resina uma vez que a molécula tem a capacidade para formar ligações de hidrogénio entre as fibrilhas de colagénio, estabilizando-o e prevenindo o seu colapso (Maciel *et al.*, 1996; Nakabayashi *et al.*, 1992).

No outro extremo, sob condições de humidade importantes, a água residual presente entre as fibrilhas pode comprometer a difusão de resina e causar separação de fases em alguns sistemas adesivos, comprometendo a infiltração e a polimerização necessárias a uma boa adesão (Eliades *et al.*, 2001; Pashley *et al.*, 2000; Spencer e Wang, 2002; Tay *et al.*, 1996c; Tay *et al.*, 1996g; Van Landuyt *et al.*, 2005). No entanto, no presente estudo, a água residual deixada aquando da técnica *etch-and-rinse* húmida não foi suficiente para diminuir o desempenho destes adesivos universais face à técnica adesiva seca. Os adesivos universais estudados possuem etanol que parece facilitar a evaporação não só da água residual que fica na dentina após a técnica de adesão húmida, como também a água adicional intrínseca do adesivo.

No presente trabalho, os adesivos universais foram aplicados de forma ativa sobre a dentina. Estudos recentes têm demonstrado que esta técnica de aplicação do adesivo, parece diminuir a influência da humidade da dentina e do conteúdo em solvente na adesão dos sistemas adesivos *etch-and-rinse* (Dal-Bianco *et al.*, 2006; Kenshima *et al.*, 2006; Loguercio *et al.*, 2009a; Pashley *et*

al., 2001; Zander-Grande *et al.*, 2011), o que pode ajudar a justificar os resultados deste trabalho.

Hanabusa *et al.* (2012) encontraram forças adesivas maiores para o adesivo universal G-Bond Plus, à base de água, quando este foi aplicado segundo a técnica *etch-and-rinse* seca (dentina seca com jato de ar até a água ser removida) em relação à condição de dentina húmida (utilizaram uma bola de algodão para absorver a humidade da dentina, deixando-a visivelmente húmida). A justificação encontrada pelos autores prende-se com a existência de demasiada água sobre a superfície dentinária, o que resultou na diluição dos monómeros e/ou na inibição da polimerização da resina (Cardoso Pde *et al.*, 2005; Hanabusa *et al.*, 2012; Nunes *et al.*, 2005). No entanto, o adesivo G-Bond Plus é um adesivo com pH inferior (pH=1,5) aos adesivos por nós estudados e portanto tem um maior número de monómeros acídicos e não possui HEMA na sua constituição, pelo que a água presente na dentina poderá ter causado separação de fases do adesivo, comprometendo as suas forças adesivas (Eliades *et al.*, 2001; Manso *et al.*, 2008; Pashley *et al.*, 2000; Spencer e Wang, 2002; Tay *et al.*, 1996c; Tay *et al.*, 1996g; Van Landuyt *et al.*, 2005). A não aplicação do adesivo G-Bond Plus de forma ativa pode ter contribuído também para o seu resultado inferior na condição de dentina molhada.

O adesivo Scotchbond Universal contém 1 a 5% em peso de ácido polialquenóico, que segundo o fabricante, aumenta a capacidade de molhamento do adesivo e torna o adesivo menos sensível à técnica e às condições de humidade da dentina. No entanto, os resultados encontrados para este adesivo não foram diferentes dos apresentados por outros adesivos que não apresentam o ácido polialquenóico na sua formulação, o que valoriza mais ainda a aplicação ativa do adesivo.

O adesivo Optibond SOLO Plus utilizado como controlo da técnica *etch-and-rinse*, também não mostrou ser sensível às condições de humidade da dentina, possivelmente fruto da sua alta concentração em HEMA e água e como resultado da aplicação ativa do adesivo sobre a dentina (Reis *et al.*, 2007a).

As recomendações dos fabricantes no que diz respeito ao controlo da humidade da dentina, após lavagem do agente condicionador e antes da aplicação do agente adesivo, não é clara. São utilizadas expressões como: “secar sem dissecar; secar com jato de ar para remover excessos de água e ficar com aspeto acetinado; secar até o esmalte ficar com cor de giz; secar com ar ou pontas de algodão”. Não existem protocolos de aplicação precisos, o que resulta em condições de humidade de dentina diferentes entre estudos. No presente estudo, a condição de dentina seca foi representada pela secagem da superfície da dentina durante 5 s a uma distância de 2 cm e a condição de dentina húmida foi representada pela passagem de uma bola de algodão húmida sobre a superfície dentinária de acordo com o estabelecido por outros autores (Mena-Serrano *et al.*, 2013; Perdigão *et al.*, 2005b; Perdigão *et al.*, 2012a). No estudo de Marchesi *et al.* (2014a), a condição de dentina húmida corresponde à condição de dentina seca do nosso estudo, mas ainda assim não encontraram diferenças significativas entre as forças adesivas nas duas condições de dentina estabelecidas, o que mostra que de facto a humidade da dentina não parece influenciar o desempenho dos adesivos universais quando aplicados segundo a estratégia *etch-and-rinse*.

É difícil secar o esmalte sem secar a dentina, pelo que é difícil manter o substrato dentinário húmido. Para além do mais, clinicamente é difícil saber quão húmido é o húmido e quão seco é o seco; pelo que a não influencia da humidade da dentina na grandeza das forças de resistência à dentina reduz a sensibilidade técnica tantas vezes apontada como uma desvantagem da técnica de adesão *etch-and-rinse*.

No que diz respeito à estratégia de adesão *self-etch*, não sendo a dentina pré-condicionada e as fibras de colagénio expostas, as forças de resistência adesiva não deveriam ser influenciadas pela secagem com ar (Andreaus *et al.*, 1988). No entanto, desconhece-se o efeito da presença de água residual na dentina na adesão destes adesivos já por si hidratados.

Nesse sentido, o presente estudo, propôs-se a estudar o efeito da presença de água residual na dentina na adesão destes sistemas na sua versão *self-etch*,

utilizando as mesmas condições de humidade de dentina apresentadas para a versão *etch-and-rinse*.

Dessa avaliação, e do mesmo modo que para a estratégia *etch-and-rinse*, não se encontraram diferenças estatisticamente significativas entre as forças de resistência adesiva à dentina para as duas condições de humidade estudadas. Por conseguinte, não é possível rejeitar a segunda hipótese nula deste estudo.

No entanto, o adesivo Adhese Universal mostrou uma tendência para aumentar as suas forças de resistência adesiva quando a dentina foi deixada húmida. Este adesivo parece beneficiar da presença de alguma água do substrato para dissociar os seus monómeros acídicos e por si só desmineralizar a dentina, quando não se recorre à aplicação prévia de ácido (Hiraishi *et al.*, 2005). O facto de, quando utilizado na sua versão *etch-and-rinse*, este adesivo apresentar forças tendencialmente superiores quando a dentina é deixada húmida, ao contrário dos outros adesivos universais na mesma estratégia de adesão, poderá corroborar este achado. Pelo exposto, seria pertinente avaliar o desempenho dos adesivos universais nas suas versões *self-etch*, sob diferentes graus de humidade da dentina e por um maior período de tempo, para avaliar o efeito da água no desempenho destes adesivos, uma vez que não existe na literatura essa comparação.

De forma contrária, o adesivo Clearfil SE Bond apresentou forças tendencialmente mais altas quando aplicado segundo instruções do fabricante, isto é, em dentina seca. O adesivo Clearfil SE Bond apresenta concentrações menores de HEMA do que os adesivos universais em estudo. Adesivos com baixas concentrações de HEMA são mais suscetíveis à separação de fases (Van Landuyt *et al.*, 2005; Van Landuyt *et al.*, 2008a), resultante da presença de água residual. O adesivo controlo Clearfil SE Bond, quando aplicado segundo recomendação do fabricante, como no presente estudo, não é aplicado sobre a dentina com agitação, o que pode também justificar esta tendência à sensibilidade da humidade da dentina (do Amaral *et al.*, 2010; Loguercio *et al.*, 2011a).

1.5.4 Efeitos do envelhecimento nas forças de resistência adesiva

Um sistema adesivo deve ser capaz de garantir forças elevadas ao substrato dentário e essa adesão deve ser efetiva a longo prazo (Burke e McCaughey, 1995). Deste modo, é importante não só estudar o desempenho imediato dos adesivos como também a sua longevidade (Alhadainy e Abdalla, 1996; Tyas, 1996a; b) de modo a inferir sobre a durabilidade dos mecanismos de adesão à dentina (Burrow *et al.*, 1993; Burrow *et al.*, 1996; Gopferich, 1996; Gwinnett e Yu, 1995; Hashimoto *et al.*, 2000; Sano *et al.*, 1999).

O armazenamento em água a longo prazo é o método de envelhecimento artificial mais eficaz para induzir degradação da interface adesiva (Burrow *et al.*, 1993; Burrow *et al.*, 1996; Gopferich, 1996; Gwinnett e Yu, 1995; Hashimoto *et al.*, 2000; Pashley *et al.*, 1988b; Sano *et al.*, 1999) e o que melhor se correlaciona com o comportamento clínico dos adesivos. A diminuição das forças de resistência adesiva de espécimes armazenados em água durante seis meses apresenta uma correlação positiva com a pigmentação marginal de restaurações colocadas sobre lesões cervicais não cariosas (Heintze *et al.*, 2011).

Não existe consenso sobre qual o tempo mínimo necessário para envelhecer os espécimes de modo a observar degradação da interface adesiva.

Por um lado, seria pertinente avaliar o processo degradativo num curto espaço de tempo, dada a velocidade com que os adesivos são produzidos e colocados no mercado. No entanto, esse curto período de tempo pode não mostrar ainda degradação suficiente da interface adesiva. Um a três meses foi o tempo mínimo necessário para que alguns investigadores encontrassem diferenças nas forças adesivas após envelhecimento (Kato e Nakabayashi, 1998; Okuda *et al.*, 2001; Okuda *et al.*, 2002; Toledano *et al.*, 2007a). Ainda assim, outros autores não encontraram diferenças no mesmo espaço de tempo (Eckert e Platt, 2007; Giannini *et al.*, 2003b; Manso *et al.*, 2008; Shono *et al.*, 1999b).

No presente trabalho, o armazenamento dos espécimes foi feito em azida sódica, durante 12 meses e resultou numa significativa diminuição das forças de adesão para os adesivos em estudo independentemente da estratégia de

adesão utilizada, à exceção do adesivo Adhese Universal aplicado de forma *self-etch* cujas forças de resistência adesiva se mantiveram estáveis ao longo do tempo. Desta forma, podemos rejeitar a terceira hipótese nula deste estudo, uma vez que excetuando o grupo AU-SE, o envelhecimento dos espécimes influencia as suas forças adesivas à dentina.

No geral, os valores médios de resistência adesiva sofreram uma diminuição de cerca de 30% após 12 meses de imersão em azida sódica. Esta diminuição dos valores médios era já de cerca de 15% ao fim de 6 meses. Todavia, a diminuição das forças não foi progressiva ao longo do tempo para todos os adesivos, apesar de no final dos 12 meses todos os adesivos, à exceção da versão *self-etch* do adesivo Adhese Universal, apresentarem forças significativamente menores do que as obtidas às 24 h. A velocidade de degradação das forças de resistência adesiva à dentina parece depender, quer da estratégia de adesão utilizada, quer da composição do adesivo. Possivelmente, dependem também da técnica do operador, dado que resultados contraditórios são encontrados na literatura, para os mesmos grupos adesivos.

Marchesi *et al.* (2014a) encontraram valores de resistência adesiva significativamente mais baixos, após 6 meses de envelhecimento do adesivo Scotchbond Universal, em saliva artificial, independentemente da estratégia de adesão utilizada e das condições de humidade da dentina. Já para Taschner *et al.* (2014) o envelhecimento em saliva artificial durante 6 meses não influenciou de forma significativa as forças deste adesivo à dentina. Resultados semelhantes foram encontrados por Wagner *et al.* (2014) que avaliaram o efeito do envelhecimento por termociclagem nas forças adesivas dos adesivos Futurabond U, Scotchbond Universal e também do adesivo All-Bond Universal e também não encontraram forças significativamente mais baixas após 5000 ciclos entre temperaturas de 5 e 55°C.

No presente estudo, o adesivo Scotchbond Universal aplicado de forma *etch-and-rinse* mantém-se estável até aos 6 meses, verificando-se a diminuição significativa das suas forças entre os 6 e os 12 meses. Quanto à estratégia

self-etch, este mesmo adesivo apresenta uma diminuição das suas forças adesivas ao longo dos 12 meses de envelhecimento, mas significativa apenas até aos 6 meses, o que traduz uma perda precoce das forças de resistência adesiva, seguida de estabilidade adesiva. Para o adesivo Futurabond U os resultados foram semelhantes aos descritos para o adesivo Scotchbond Universal aplicado em dentina seca, independentemente da estratégia de adesão.

A estratégia de adesão *etch-and-rinse* é tecnicamente mais exigente e tem sido associada a uma maior deterioração ao longo do tempo, em especial quando o adesivo não consegue penetrar toda a profundidade de dentina desmineralizada previamente pelo ácido (Hashimoto *et al.*, 2000; Hashimoto *et al.*, 2001; Hashimoto *et al.*, 2002c; Perdigão *et al.*, 2005a; Tay *et al.*, 2004c; Torii *et al.*, 2002). Resultados semelhantes foram encontrados neste trabalho.

A aplicação de ácido fosfórico desmineraliza a dentina numa profundidade maior do que a profundidade que um adesivo *self-etch* de suavidade média pode penetrar (Hanabusa *et al.*, 2012). Assim, o colagénio exposto e não envolvido por resina fica suscetível à degradação ao longo do tempo, por um processo de hidrólise. Quanto maior a quantidade de colagénio exposto, quer pela falta de penetração da resina, quer pelo processo degradativo, maior será a ativação da MMP's a ele ligadas e maior será a degradação dessas fibras ao longo do tempo (De Munck *et al.*, 2010). Este processo hidrolítico das fibras de colagénio não é notório quando os adesivos são aplicados na sua versão *self-etch*, uma vez que a dentina é, em teoria desmineralizada e infiltrada simultaneamente, não expondo as fibras de colagénio, o que torna, deste ponto de vista, a interface adesiva mais resistente ao processo degradativo (Cardoso *et al.*, 2011; Goracci *et al.*, 2013; Marchesi *et al.*, 2014a; Van Meerbeek *et al.*, 2005).

O facto de, no presente estudo, se verificar deterioração das forças adesivas ao longo do tempo para alguns adesivos aplicados de forma *self-etch*, corrobora a ideia, já discutida na literatura, de que a degradação não ocorre apenas no colagénio exposto e não penetrado por resina. Para além da

degradação hidrolítica da matriz de colagénio, as forças adesivas podem também ser comprometidas pela degradação hidrolítica da resina adesiva ao longo do tempo (Burrow *et al.*, 1999; Hashimoto *et al.*, 2003a; Hashimoto *et al.*, 2003b; Tanaka *et al.*, 1999). E esta degradação da resina adesiva ocorre quer quando os adesivos são aplicados na versão *etch-and-rinse*, quer na versão *self-etch* (Santerre *et al.*, 2001) e parece ter um maior impacto na degradação da interface e na diminuição das forças adesivas do que a degradação do colagénio (Armstrong *et al.*, 2006).

Os adesivos universais contêm elevadas quantidades de monómeros acídicos, HEMA e água. A presença de HEMA e de monómeros hidrofílicos levam à sorção de água pelo adesivo (Burrow *et al.*, 1999; Loguercio *et al.*, 2006; Loguercio *et al.*, 2014; Moszner *et al.*, 2005; Platt *et al.*, 2001; Sano *et al.*, 1999; Tanaka *et al.*, 1999; Tay e Pashley, 2001), especialmente se a resina não for polimerizada de imediato (Tay *et al.*, 2004b). A água ligar-se-á aos domínios polares dos monómeros de resina de baixo peso molecular e conduzirá à plastificação do polímero (Carrilho *et al.*, 2004; Ferracane *et al.*, 1998; Maciel *et al.*, 1996) e à subsequente eluição dos monómeros de resina não reagidos, enfraquecendo a interface adesiva (Carrilho *et al.*, 2005b; Sano *et al.*, 1999). A sorção de água depende da formulação química do adesivo (Hashimoto *et al.*, 2002c) e é característica dos adesivos com HEMA (Takahashi *et al.*, 2011). Todos os sistemas adesivos do presente trabalho laboratorial apresentam HEMA na sua constituição, mas em diferentes concentrações, o que pode justificar a influência do tipo de adesivo na diminuição das forças de resistência adesiva ao longo dos 12 meses de envelhecimento, quando utilizados segundo a mesma estratégia de adesão.

Ao longo dos 12 meses de envelhecimento, a técnica *etch-and-rinse* continuou a apresentar forças adesivas significativamente mais altas face à técnica *self-etch* para o adesivo Futurabond U e tendencialmente mais elevadas para os adesivos Scotchbond Universal e Adhese Universal. No entanto, a redução das forças foi tendencialmente menor quando a dentina não foi desmineralizada com ácido fosfórico, o que, por um lado se poderá dever à degradação suplementar das fibras de colagénio na estratégia *etch-and-rinse* e, por outro,

parece valorizar a estabilidade conseguida pela ligação química dos adesivos à dentina.

Especula-se que a adição de 10-MDP aos adesivos universais, possa potenciar a resistência destes adesivos ao processo de degradação (Inoue *et al.*, 2005; Marchesi *et al.*, 2014a). No entanto, a validade destas afirmações requer comprovação. No presente estudo, no final de 12 meses de envelhecimento, o adesivo Futurabond U aplicado de forma *self-etch* e, ao que parece desprovido de MDP, apresenta valores de resistência adesiva tendencialmente inferiores aos restantes adesivos universais formulados com 10-MDP. Munoz *et al.* (2015) também mostraram que os adesivos universais com 10-MDP apresentam forças mais altas e mais estáveis após 6 meses de envelhecimento em água do que os adesivos desprovidos de 10-MDP. No entanto, resultados contraditórios foram encontrados por Chen *et al.* (2015) num trabalho recente, que mostrou que o adesivo universal Clearfil Universal Bond um adesivo universal com 10-MDP não apresentou melhor desempenho do que o adesivo Prime&Bond Elect (Dentsply Caulk), um adesivo universal desprovido de 10-MDP, após envelhecimento por termociclagem.

Resultados do estudo de Donmez *et al.* (2005) sugerem que a interface criada pelos adesivos contemporâneos que contêm MDP, pode não ser tão imune à degradação como os fabricantes querem fazer parecer. O mesmo adesivo *self-etch* de dois passos, contendo MDP (Clearfil SE Bond) foi utilizado. A degradação deste adesivo continuou a ocorrer após 12 meses de envelhecimento *in vivo* e *in vitro* (Donmez *et al.*, 2005) independentemente da formação de nanocamadas. Isto pode ser explicado pela degradação hidrolítica da funcionalidade éster da molécula de 10-MDP ou de outros monómeros de resina (Salz *et al.*, 2005; Spencer *et al.*, 2010), e pode explicar a degradação significativa encontrada para o adesivo Clearfil SE Bond, no presente trabalho, após 12 meses de envelhecimento.

O fator adesivo Adhese Universal na sua versão *self-etch* foi o único que não apresentou degradação das suas forças adesivas ao longo do tempo. Para além de MDP, os monómeros de MCAP deste adesivo, também formam sais

estáveis com a hidroxiapatite. Esta parece ser a justificação para o bom desempenho deste adesivo na sua versão *self-etch*, e para estabilidade da adesão ao longo dos 12 meses de envelhecimento artificial. Quando o adesivo é aplicado após condicionamento da dentina, essa estabilidade ao longo do tempo já não é verificada, provavelmente fruto da diminuta ligação iónica à hidroxiapatite e da degradação das fibras de colagénio expostas pelo ácido.

A literatura sobre o adesivo Adhese Universal é ainda ausente. Apenas existe um artigo sobre a sua aplicação de forma passiva e ativa sobre o esmalte, que revela o seu desempenho superior, juntamente com o desempenho do adesivo Scotchbond Universal face a outros adesivos universais (Luque-Martinez *et al.*, 2014). Mais estudos serão necessários para comprovar o bom desempenho deste adesivo universal, quer sob o ponto de vista da sua degradação ao longo do tempo, quer do ponto de vista da sua sensibilidade ao grau de humidade da dentina.

O adesivo Optibond SOLO Plus foi o adesivo em estudo que apresentou, independente da condição de humidade da dentina, as forças mais baixas após 12 meses de armazenamento em água (cerca de 55% inferiores em relação às 24 h). Foi o único adesivo que apresentou uma diminuição progressiva e significativa ao longo dos três tempos avaliados. A presença de colagénio não hibridizado, o seu potencial de sorção de água pela presença de altas concentrações de HEMA e o possível enfraquecimento do polímero da resina formado, na sequência da evaporação insuficiente do solvente etanol, podem justificar estes achados.

Quanto às condições de humidade da dentina, não foi encontrada nenhuma interação entre a dentina seca *versus* húmida e a diminuição das forças adesivas ao longo do tempo. Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores, para o adesivo universal Scotchbond Universal, aplicado clínica (Loguercio *et al.*, 2015a; Mena-Serrano *et al.*, 2013; Perdigão *et al.*, 2014a), ou laboratorialmente (Marchesi *et al.*, 2014a; Taschner *et al.*, 2014).

1.5.5 Influência das características regionais da dentina nas forças de resistência adesiva

Tendo em consideração que as diferentes estratégias de adesão, são influenciadas pelos diferentes níveis de adesão química e microrretenção que ambas as estratégias conferem, as variações regionais do substrato, como a densidade tubular ou a orientação dos túbulos podem afetar as duas estratégias de adesão de forma diferente (De Munck *et al.*, 2011). Atendendo a este aspeto e fazendo uso das vantagens já descritas do teste de microtração em comparar as forças de resistência adesiva em diferentes regiões de um mesmo dente (Sano *et al.*, 1994b), no presente trabalho foram recolhidos palitos da periferia e do centro da dentina para cada grupo de estudo, que foram avaliados separadamente de modo a poder inferir sobre a influência das características regionais da dentina sobre as forças de microtração.

No entanto, não foram encontradas diferenças entre as forças de tensão dos palitos centrais e dos palitos periféricos para nenhum dos adesivos estudados em cada uma das estratégias de adesão. Por conseguinte, não é possível rejeitar a quarta hipótese nula deste trabalho.

Não existem na literatura estudos que particularizem a influência das características regionais na magnitude das forças de resistência adesiva à dentina por parte dos adesivos universais em estudo para que possamos comparar ou validar os nossos achados. No estudo de Hanabusa *et al.* (2012), os autores apenas utilizaram nove palitos centrais de cada dente para reduzir a variabilidade do substrato. Perdigão *et al.* (2014b) avaliaram palitos centrais e periféricos do mesmo adesivo universal (G-bond Plus) estudado pelo grupo anterior e obtiveram valores mais baixos do que os encontrados pelo grupo de trabalho de Hanabusa (2012), o que faz supor que os palitos periféricos apresentem forças mais baixas do que os centrais. Porém, as velocidades de tração dos palitos, na máquina de testes utilizada em cada estudo foram diferentes, com Hanabusa a testar os palitos com uma velocidade maior e, portanto a poder justificar a obtenção de forças maiores (Reis *et al.*, 2005; Takahashi *et al.*, 2002b).

De facto, permanece a dúvida se os palitos obtidos de regiões mais periféricas da dentina apresentam maiores ou menores forças adesivas do que os palitos obtidos de regiões centrais. Quando se pesquisam estudos de adesivos de gerações anteriores encontram-se, na maioria das vezes, resultados inconclusivos (Hashimoto *et al.*, 2002c). Loguercio *et al.* (2005) encontraram forças de resistência adesiva maiores em palitos centrais em relação aos mais periféricos, quando utilizado um antecessor do adesivo Scotchbond Universal - o Single Bond (Loguercio *et al.*, 2005). No entanto, De Munck *et al.* (2011) encontraram valores maiores para os palitos periféricos na estratégia *self-etch* de um e dois passos e de igual magnitude quando utilizados adesivos *etch-and-rinse*. A justificação pode prender-se com o facto dos adesivos *self-etch* dependerem sobretudo da sua ligação química à hidroxiapatite para garantirem a sua retenção. Assim, estes adesivos apresentam forças de adesão mais elevadas à dentina intertubular, que é mais frequente na dentina periférica (De Munck *et al.*, 2011).

Para este estudo de resistência adesiva foram expostas superfícies de dentina média. Possivelmente poderíamos encontrar resultados diferentes caso as superfícies de dentina expostas para adesão fossem de regiões de dentina profunda, com maior densidade tubular e menor dentina intertubular.

Findas 24 h após o procedimento adesivo, os dentes foram seccionados em palitos e um terço deles foi testado imediatamente; enquanto que os restantes dois terços foram envelhecidos durante 6 e 12 meses. Como o envelhecimento a longo prazo foi efetuado já com os espécimes cortados na forma de palito, a interface adesiva foi exposta ao agente de envelhecimento de forma direta e igual quer nos palitos periféricos como nos palitos centrais e daí não se terem encontrado diferenças significativas entre os valores de tensão nas duas localizações de dentina, pois a sorção de água pôde ocorrer de igual forma (De Munck *et al.*, 2011). Caso os dentes fossem guardados inteiros e partidos em palitos apenas após envelhecimento, a sorção e degradação da interface adesiva pela água ocorreria da periferia para a região central do dente. Este facto, poderia levar a uma maior degradação e diminuição das forças dos

palitos periféricos em relação aos palitos centrais mais resguardados dos efeitos imediatos da água (Loguercio *et al.*, 2005).

1.5.6 Avaliação das falhas pré-teste

De uma forma geral e após análise descritiva das falhas pré-teste pelos grupos de estudo, verificou-se que os adesivos universais aplicados na sua versão *self-etch* foram os que apresentaram uma maior percentagem de palitos descolados, o que se encontra de acordo com os resultados de outros estudos (Wagner *et al.*, 2014) e denota que a interdigitação da resina na dentina, após condicionamento ácido é de extrema importância para a robustez da ligação do adesivo à dentina.

A associação adesivo/estratégia de adesão que apresentou um número mais elevado de falhas pré-teste (FU-SE e SU-SE) foi a que também apresentou valores de resistência adesiva mais baixos ($13 \pm 5,61$ e $16,8 \pm 6,51$ respectivamente) e maior número de falhas de natureza adesiva após teste de microtração (90,1% e 68,8% respetivamente).

No presente trabalho foram encontradas mais falhas pré-teste face ao encontrado noutros estudos. Tal facto pode dever-se às condições da máquina de corte e da lâmina utilizada, pois a vibração da lâmina diamantada durante a sua rotação, associada à pressão realizada pelo operador, são um importante fator de geração de tensões que podem culminar no descolamento dos palitos (Bouillaguet *et al.*, 2001; Pashley *et al.*, 1999; Sadek *et al.*, 2004). No estudo de Hanabusa *et al.* (2012), nenhuma pré-falha foi encontrada, no entanto foi utilizada uma máquina automática para o corte dos espécimes em palitos que poduz menor vibração.

1.5.7 Avaliação do tipo de falha

A observação macroscópica das falhas é uma importante ferramenta para identificar a área de fragilidade da interface adesiva e para verificar se as

forças de teste foram aplicadas de forma correta na interface adesiva (Sano *et al.*, 1994b).

O tipo de falha predominante no estudo foi de natureza adesiva, quer às 24 h (61,7%), quer aos 12 meses de avaliação (60,3%), o que se encontra de acordo com o propósito dos testes de microtração, em direcionar as forças no sentido da interface adesiva e, por isso, valida o teste de resistência adesiva escolhido neste estudo. Verificou-se, uma maior tendência para a ocorrência de fraturas do tipo adesivas nos adesivos com forças de tensão mais baixas e para fraturas coesivas, em adesivos cujas forças de tensão são mais altas, mostrando que a interface adesiva é, geralmente, o ponto mais fraco de uma restauração. Este resultado está de acordo com os resultados de outros autores (Taschner *et al.*, 2014; Toledano *et al.*, 2012).

A combinação entre adesivo e estratégia de adesão influenciou de forma significativa o tipo de falha, pelo que a quinta hipótese nula deve ser rejeitada. Foram encontradas mais falhas de natureza coesiva para os adesivos universais quando aplicados na sua versão *etch-and-rinse* e mais falhas de natureza adesiva quando os mesmos adesivos foram aplicados segundo uma versão *self-etch*. Os mesmos resultados foram encontrados também por Marchesi *et al.* (2014a) e Hanabusa *et al.* (2012).

Quando utilizada a estratégia de adesão *self-etch* o adesivo Futurabond U apresentou mais falhas adesivas e menos falhas mistas e coesivas do que os restantes adesivos. Este adesivo não apresenta MDP pelo que a sua ligação química ao dente parece estar comprometida. Estes resultados estão de acordo com a avaliação descritiva das falhas pré-teste encontradas neste estudo. O adesivo Futurabond U foi o que apresentou um maior número de falhas pré-teste, independentemente da estratégia de adesão e da condição de humidade da dentina utilizada. Estes resultados são corroborados por Wagner *et al.* (2014) que testaram este adesivo universal e também o adesivo Scotchbond Universal. Os resultados do tipo de falha e da análise das falhas pré-teste do adesivo Futurabond U, podem justificar uma maior fragilidade da interface adesiva neste grupo adesivo, em especial na sua versão *self-etch*, o

que se encontra de acordo com os resultados das forças de resistência adesiva encontradas para este adesivo.

De forma idêntica às forças de resistência adesiva, a condição de humidade da dentina não afetou o tipo de falha encontrado para cada adesivo, pelo que a sexta hipótese nula não pode ser rejeitada.

De uma forma geral, o tempo de envelhecimento influenciou de forma significativa o tipo de falha ocorrida entre os espécimes. No final de 12 meses de envelhecimento, verificou-se um aumento do tipo de falhas coesivas em relação aos valores obtidos às 24 h (10,0% às 24 h para 22,2% aos 12 meses). Com o envelhecimento, se por um lado existe uma degradação da interface adesiva com uma maior prevalência de falhas adesivas (Giannini *et al.*, 2003a), por outro lado, a infiltração de água nos polímeros do adesivo e da resina composta também causa a sua hidrólise e uma redução nas suas propriedades mecânicas, afetando desse modo a durabilidade das restaurações, com uma maior percentagem de falhas coesivas na resina adesiva (Hashimoto *et al.*, 2007; Torkabadi *et al.*, 2008), o que pode ter justificado a subida desse tipo de falha. Resultados semelhantes foram encontrados por Reis *et al.* (2007a), cujo envelhecimento dos espécimes conduziu a um enfraquecimento dos polímeros de resina composta por eluição dos seus monómeros e a um consequente aumento das falhas coesivas. Face ao exposto, a sétima hipótese nula em estudo deve ser rejeitada, uma vez que o envelhecimento influencia o tipo de falha encontrado no presente estudo.

1.6 Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo laboratorial sugerem que:

- a) A combinação adesivo/estratégia de adesão influenciou as forças de resistência adesiva à dentina dos adesivos em estudo.
- O adesivo Futurabond U apresentou forças de resistência adesiva à dentina significativamente mais elevadas quando aplicado segundo estratégia adesiva *etch-and-rinse*, nos três tempos avaliados;
 - As forças de resistência adesiva à dentina do adesivo Scotchbond Universal não foram influenciadas pela estratégia de adesão utilizada às 24 h e aos 12 meses. No entanto, aos 6 meses as forças de resistência adesiva à dentina foram significativamente mais elevadas quando o adesivo foi aplicado segundo estratégia adesiva *etch-and-rinse*;
 - As forças de resistência adesiva à dentina do adesivo Adhese Universal não foram influenciadas pela estratégia de adesão utilizada em nenhum dos tempos avaliados;
 - Quando aplicados segundo a mesma estratégia de adesão, *etch-and-rinse* ou *self-etch*, os adesivos universais não apresentaram forças de resistência adesiva significativamente diferentes entre si;
 - Os adesivos universais apresentaram um desempenho adesivo similar aos adesivos controlo das técnicas respetivas, às 24 h. Já ao final de 12 meses de envelhecimento, o adesivo Optibond SOLO Plus, controlo da técnica *etch-and-rinse*, apresentou valores de resistência adesiva de grandeza significativamente menor do que os adesivos universais utilizados segundo a mesma estratégia de adesão;
- b) A condição de humidade da dentina não influenciou as forças de resistência adesiva à dentina, de nenhum adesivo em estudo, em qualquer das estratégias adesivas testadas.
- c) O envelhecimento artificial dos espécimes teve influência nas suas forças de resistência adesiva à dentina:

- Todos os adesivos em estudo, à exceção do verificado para o adesivo Adhese Universal, aplicado de forma *self-etch*, apresentaram forças significativamente menores após 12 meses de envelhecimento em azida sódica, face às forças obtidas às 24 h.
 - O adesivo Adhese Universal aplicado segundo estratégia *self-etch* foi a única combinação adesivo/estratégia de adesão que manteve as suas forças de resistência adesiva estáveis ao longo dos 12 meses de envelhecimento dos espécimes.
 - Os adesivos aplicados segundo estratégia *etch-and-rinse* apresentaram maior degradação ao longo do tempo face aos mesmos adesivos aplicados segundo estratégia *self-etch*.
- d) As características regionais da dentina não influenciaram as forças de resistência adesiva dos adesivos em estudo.
- e) A combinação adesivo/estratégia de adesão influenciou o tipo de falha de união dos espécimes sujeitos à microtração.
- As falhas adesivas foram o tipo de falha predominante no estudo;
 - A estratégia *etch-and-rinse* apresentou mais falhas coesivas e mistas do que a versão *self-etch* dos mesmo adesivos;
 - Os adesivos aplicados de forma *self-etch* apresentaram mais falhas adesivas;
 - O adesivo Futurabond U na sua versão *self-etch* foi o adesivo que apresentou a maior frequência de fraturas adesivas (90,1%) e o menor número de fraturas coesivas (5,9%) e mistas (4,0%) do estudo;
 - No que diz respeito à estratégia de adesão *etch-and-rinse*, o adesivo Futurabond U apresentou resultados estatisticamente diferentes do adesivo Scotchbond Universal, mas não diferentes do adesivo Adhese Universal, em termos de tipo de falha. O adesivo Futurabond U, apresentou maior número de forças adesivas e menor número de falhas mistas e coesivas, em relação ao adesivo Scotchbond Universal.

- f) As condições de humidade da dentina não influenciaram o tipo de falha de união dos espécimes sujeitos à microtração.
- g) O envelhecimento artificial dos espécimes influenciou o tipo de falha de união dos espécimes sujeitos à microtração.
- O envelhecimento dos espécimes durante 6 meses alterou de forma significativa o tipo de falha encontrado, com um aumento do tipo de falha coesiva, embora sempre com predomínio do tipo de falha adesiva;
 - Entre os 6 e os 12 meses de envelhecimento não se verificaram diferenças entre o tipo de falha obtido.

2 ESTUDO LABORATORIAL DE NANOINFILTRAÇÃO

2.1 Introdução

Um sistema adesivo para ser efetivo deve manter a restauração estável e fixa por um período de tempo significativo. Por outro lado, deve ser capaz de selar as margens da restauração a fluidos orais e microorganismos (Van Meerbeek *et al.*, 1998c), o que significa dizer que deve ser capaz de impedir a microinfiltração (Kidd, 1976). A microinfiltração entre as paredes da cavidade e a restauração pode conduzir a sensibilidade pós-operatória, a pigmentação das margens das restaurações, a inflamação pulpar (Brannstrom, 1986) e eventualmente a cáries recorrentes, com perda potencial da restauração (Bergenholtz *et al.*, 1982; Brannstrom, 1986; 1987; Li *et al.*, 2001; Pioch *et al.*, 2002; Van Meerbeek *et al.*, 1998c). As causas de microinfiltração relacionam-se com a adaptação não efetiva da restauração ao dente, com o efeito da contração de polimerização das resinas compostas sobre a interface adesiva e também com a diferença entre os coeficientes de expansão térmica entre o dente e o material restaurador (Li *et al.*, 2000a). Tecnicamente, a microinfiltração ocorre por poros de sensivelmente 10 a 20 µm de tamanho que se desenvolvem entre a estrutura dentária e os materiais restauradores (Kidd, 1976).

De acordo com as recomendações da *American Dental Association* (ADA), a avaliação clínica da microinfiltração é realizada de forma indireta, de acordo com a seguinte escala: restaurações sem evidência clínica de microinfiltração, restaurações com pigmentação marginal localizada, e restaurações que apresentam uma pigmentação generalizada e profunda (Van Meerbeek *et al.*, 1998c). Apesar de difícil de avaliar objetivamente, verifica-se que a pigmentação pode ocorrer sem que sejam visíveis poros entre a restauração e a superfície dentária. A permeabilidade da interface adesiva à água ou outros fluidos orais é possível mesmo em restaurações sem poros objetiváveis, uma

vez que a sua entrada se pode dar por defeitos de tamanho nanométrico na interface adesiva (Li *et al.*, 2001).

Sano *et al.* (1994c) verificaram que substâncias corantes como o nitrato de prata conseguiam penetrar em toda a extensão da camada híbrida e na camada de adesivo, mesmo que nenhum poro estivesse presente. Para distinguir esse fenómeno da microinfiltração, Sano e colaboradores propuseram que este tipo de infiltração se chamasse nanoinfiltração, uma vez que os espaços que permitiam a nanoinfiltração apresentavam tamanhos de 20 a 100 nm (Sano *et al.*, 1995c) ou da ordem dos 10 a 50 nm (Van Meerbeek *et al.*, 1998d) comparativamente aos poros de 10 a 20 μm que permitiam a microinfiltração (Sano *et al.*, 1994c; Sano *et al.*, 1995c; Sano, 2006).

Os iões de prata são extremamente pequenos (0,059 nm), quando comparados com o tamanho típico das bactérias (0,5 a 1 μm), pelo que conseguem maior penetração. Por conseguinte, qualquer sistema que previna a penetração dos iões de prata também previne a penetração das bactérias. Ainda assim, se por um lado, os nanoporos são pequenos demais para permitirem a infiltração por bactérias, por outro lado são suficientemente grandes para permitir a entrada de produtos enzimáticos, ácidos ou água, agentes também responsáveis pela degradação da interface adesiva ao longo do tempo (Sano *et al.*, 1994a; Sano *et al.*, 1994c; Sohn *et al.*, 2008). A sorção de água pela interface adesiva plastifica as fibras de colagénio e o polímero de resina, uma vez que com eles estabelece ligações de hidrogénio (De Munck *et al.*, 2003; De Munck *et al.*, 2005b; Tay *et al.*, 2003a) e hidrolisa as ligações covalentes no interior do colagénio e dos polímeros resinosos (Alani e Toh, 1997; De Munck *et al.*, 2005b; Hashimoto *et al.*, 2000; Li *et al.*, 2001; Paul *et al.*, 1999c; Sezinando *et al.*, 2012). A presença de água é também indispensável para a hidrólise do colagénio que resulta da ação de MMP's e catepsinas presentes na dentina e na saliva (Breschi *et al.*, 2008; De Munck *et al.*, 2005b; Pashley *et al.*, 2004; Santerre *et al.*, 2001). Após a hidrólise, os produtos da reação química, bem como os monómeros residuais não reagidos devido à polimerização incompleta da resina, eluem-se da interface e aumentam o tamanho e número das nanoporosidades da camada híbrida, da dentina e da camada adesiva que

consequentemente criam novos canais para a penetração da água (Burrow *et al.*, 1996; Hashimoto *et al.*, 2003a; Hashimoto *et al.*, 2003b; Li *et al.*, 2001; Sano *et al.*, 1999). Esta degradação evidente da interface adesiva pode afetar de forma negativa a durabilidade da adesão (Hashimoto *et al.*, 2000; Pashley e Carvalho, 1997).

O baixo peso molecular do nitrato de prata e a sua solubilidade na água, permitem a este corante identificar nanoporosidades por entre a interface adesiva, bem como locais de presença de domínios de água, sejam eles resultado da incorreta evaporação do solvente, da incorreta substituição da água da dentina pelos monómeros de resina, da presença de domínios hidrofílicos na matriz de resina, da presença de separação de fases dos constituintes dos adesivos (Li *et al.*, 2000a; Perdigão *et al.*, 2011) ou da presença de áreas de incompleta conversão de monómeros (Sano, 2006).

Deste modo, facilmente se percebe que a nanoinfiltração se tenha tornado um importante método laboratorial para avaliar a capacidade de selamento das restaurações, a qualidade da camada híbrida (Li *et al.*, 2003) e a durabilidade da adesão, assumindo-se como uma metodologia de investigação adicional para complementar o estudo *in vitro* dos adesivos dentinários e assim inferir sobre a sua eficácia clínica (De Munck *et al.*, 2005a; De Munck *et al.*, 2005b; Goracci *et al.*, 2004; Tay *et al.*, 2003a; Van Meerbeek *et al.*, 1998c).

Diferentes corantes de prata têm sido utilizados para testar laboratorialmente a capacidade de selamento dos sistemas adesivos: nitrato de prata (Sano *et al.*, 1994c), metamina de prata e mais recentemente nitrato de prata amoniacal (Duarte *et al.*, 2006; Tay *et al.*, 2002c).

A localização da prata na interface adesiva é facilmente identificável quando a superfície infiltrada é avaliada em microscopia eletrónica com detetor de eletrões retrodifundidos (Hashimoto *et al.*, 2000; Li *et al.*, 2000a; Sano *et al.*, 1995a; Sano *et al.*, 1995c; Tay *et al.*, 2002c; Tay *et al.*, 2003a). Quando os espécimes são observados, o feixe de eletrões penetra alguns micrómetros no seu interior dependendo da natureza do espécime e da voltagem de aceleração usada. Consequentemente, existe libertação de eletrões

secundários da superfície e elétrons refratados da subsuperfície que nos permitem visualizar a penetração do nitrato de prata pelas interfaces em estudo (Sano *et al.*, 1995c). Os elementos de alto número atômico, como a prata, quando comparados com o do cálcio e do fósforo refratam mais elétrons e aparecem como imagens muito brancas e brilhantes (Li *et al.*, 2000a; Sano *et al.*, 1994c; Sano *et al.*, 1995a). O contraste com a restante imagem dá-nos informação sobre a penetração do corante (Li *et al.*, 2000a). A avaliação do espécime em SEM com detetor de elétrons secundários fornece essencialmente informação acerca da topografia da interface (Tay *et al.*, 1995a).

É possível que algumas interações químicas ocorram entre o corante e os materiais restauradores ou a dentina e essas interações sejam responsáveis pela difusão do corante (Li *et al.*, 2003). Tay *et al.* (1995b) verificaram que o nitrato de prata era muito estável e os seus depósitos permaneciam no mesmo local onde tinham precipitado, mesmo após desmineralização dos espécimes. É importante que os corantes fiquem imobilizados para excluir uma penetração tardia do agente (Li *et al.*, 2000a; Sano *et al.*, 1995c).

No presente estudo, a técnica de nanoinfiltração foi utilizada para avaliar a capacidade de selamento e a qualidade da camada híbrida formada pelos adesivos universais à dentina, bem como para avaliar a estabilidade dessa adesão, após longos períodos de imersão numa solução aquosa.

Os adesivos *etch-and-rinse* de dois passos são frequentemente associados à presença de grãos de prata em nanoporos existentes em redor das fibras de colagénio, que não foram completamente embebidos pelos monómeros de resina (Perdigão *et al.*, 2011), dada a possível discrepância entre a desmineralização da dentina e a infiltração dos monómeros de resina, característica destes adesivos (Paul *et al.*, 1999c). Os adesivos *self-etch* de um passo, apresentam uma solução adesiva altamente hidrofílica e com grandes quantidades de solventes que faz deles membranas permeáveis capazes de absorver grandes quantidades de água (Burrow *et al.*, 1999; Malacarne *et al.*, 2006) o que pode resultar num menor grau de polimerização e

consequentemente maior degradação das resinas adesivas (Burrow *et al.*, 1999), que se manifesta por um aumento de infiltração de nitrato de prata na camada híbrida e na camada de resina destes adesivos (Li *et al.*, 2001; Sano *et al.*, 1994c; Sano *et al.*, 1995a; Tay *et al.*, 2002c; Van Landuyt *et al.*, 2008a).

Os adesivos universais, embora novos em conceito, são genericamente formulações adesivas com concentrações elevadas de monómeros hidrofílicos, de solventes e de água, semelhantes aos adesivos simplificados de gerações anteriores, o que leva a crer que são de igual forma suscetíveis à nanoinfiltração, sobretudo quando utilizados como adesivos *etch-and-rinse* de dois passos. No entanto, e mais uma vez, de acordo com os respetivos fabricantes, estes adesivos são capazes de aderir quimicamente e de forma estável à dentina. Será a adesão química suficiente para modificar o comportamento destes adesivos e melhorar o seu selamento face aos adesivos simplificados de gerações anteriores? Serão estes adesivos capazes de molhar e penetrar a profundidade de dentina desmineralizada de uma forma mais eficiente do que os adesivos convencionais e desta forma reduzir a nanoinfiltração encontrada por entre as fibras de colagénio? Ou serão apenas soluções hidrofílicas antigas, colocadas em frascos novos (Chen *et al.*, 2015) que condicionam a qualidade da sua adesão à dentina, quer de forma imediata, quer após envelhecimento, já que a hidrofilia e a estabilidade hidrolítica são propriedades antagónicas (Tay *et al.*, 2002c)?

As semelhanças químicas face aos adesivos simplificados de gerações anteriores justifica o estudo do selamento da interface adesiva formada entre os adesivos universais e a dentina, por este método de nanoinfiltração.

Os adesivos universais foram introduzidos muito recentemente no mercado e talvez, por esse motivo seja ainda pouca a literatura que avalie a nanoinfiltração das interfaces adesivas conseguidas com estes sistemas.

Muñoz *et al.* (2013) avaliaram a percentagem de nanoinfiltração, 24 h após adesão, entre a camada de adesivo e a camada híbrida de três adesivos universais: o adesivo Scotchbond Universal, o adesivo All Bond Universal e o sistema adesivo Peak Universal e encontraram diferenças estatisticamente

significativas entre o comportamento dos adesivos. O adesivo Scotchbond Universal foi o adesivo universal que apresentou menores valores de nanoinfiltração, independentemente da estratégia de adesão utilizada, seguido do adesivo All-Bond Universal, que revelou maior nanoinfiltração quando aplicado na sua versão *etch-and-rinse*. O adesivo Peak Universal foi o que apresentou maior percentagem de interface infiltrada, não se encontrando diferenças significativas entre as duas estratégias de adesão. O *primer* do adesivo Peak Universal apresenta um pH muito baixo (pH=1,2) que o categoriza como um adesivo *self-etch* agressivo (Tay e Pashley, 2001; Van Meerbeek *et al.*, 2003b), e o torna capaz de desmineralizar a dentina, mesmo após polimerização (Carvalho *et al.*, 2005; Wang e Spencer, 2005). Esta parece ser a justificação, segundo Muñoz *et al.* (2013) para a intensa presença de nitrato de prata entre a camada híbrida deste adesivo. Uma vez que este adesivo é um adesivo *self-etch* de dois passos, seria de esperar que a aplicação da camada de adesivo do Peak Universal, diminuísse a nanoinfiltração, quer pela adição de monómeros hidrofóbicos, quer pela maior impregnação de monómeros que esta segunda camada confere. No entanto, esta segunda camada parece ser tão hidrofílica quanto a primeira, uma vez que não estão listados compostos hidrofóbicos na composição do adesivo deste sistema. Por outro lado, o pH de 2,0 do adesivo Peak Universal pode contribuir para uma maior desmineralização da dentina. Deste modo, quer a natureza hidrofílica desta impregnação, quer a maior profundidade de desmineralização do substrato, poderão justificar a maior quantidade de nanoinfiltração encontrada neste sistema, quando comparado com os outros adesivos.

Um ano mais tarde, Muñoz *et al.* (2014) avaliaram a percentagem de nanoinfiltração na interface adesiva de três adesivos universais, com e sem a aplicação de uma camada de adesivo hidrofóbica. Tal como no estudo anterior, a estratégia de adesão não influenciou a quantidade de nanoinfiltração na interface adesiva do adesivo Scotchbond Universal. Já o adesivo G-Bond Plus apresentou mais nanoinfiltração quando aplicado à dentina sem condicionamento ácido prévio. Tal como o adesivo Peak Universal, o adesivo G-

Bond Plus apresenta um baixo pH (pH=1,5), pelo que apresenta mais nanoinfiltração do que os restantes adesivos. Todavia, de uma forma geral, a aplicação de uma camada de resina hidrofóbica reduziu a presença de nanoinfiltração, mas apenas quando o adesivo foi aplicado sem condicionamento prévio da dentina (Muñoz *et al.*, 2014).

A deposição de nitrato de prata pela interface adesiva, quando observada em microscopia eletrónica, pode apresentar diferentes padrões: os padrões interligados - como os depósitos de prata reticulares ou os depósitos em forma de árvores de água -, e os grãos de prata isolados (Tay *et al.*, 2004b).

O padrão reticular pode ocorrer na camada híbrida ou na camada de adesivo. Quando é observado na região inferior da camada híbrida, geralmente corresponde a regiões de nanoporos não preenchidos por resina na dentina desmineralizada e/ou a regiões de fases hidrofílicas entre a resina (Hashimoto *et al.*, 2000; Spencer e Swafford, 1999; Tay *et al.*, 2002c; Tay *et al.*, 2003a; Tay e Pashley, 2003a). As árvores de água são uma forma particular de deposição reticular de prata na camada adesiva, que normalmente resultam da presença de grandes quantidades de água e/ou solvente residual. O termo "*water-tree*" ou árvores de água foi introduzido por Tay e colaboradores, em 2002 (Tay *et al.*, 2002c; Tay e Pashley, 2003a) e descreve o fenómeno de permeabilidade dos adesivos. Os adesivos hidrofílicos têm uma grande apetência para absorver a água da dentina. Quando o solvente dos adesivos é evaporado, a concentração de monómeros aumenta e o adesivo torna-se hipertónico, resultando em atração de mais água da dentina, especialmente se a *smear layer* tiver sido removida (Tay e Pashley, 2003b). Quando ao gotículas de água coalescem microscopicamente observamos canais preenchidos com água, denominados de "*water-trees*" (Tay *et al.*, 2002c). Reis *et al.* (2007c) sugeriram essas árvores de água como zonas potenciais para a degradação hidrolítica da união resina/dentina.

O padrão isolado de prata geralmente ocorre entre o espaço fibrillar da dentina desmineralizada ou entre a camada de adesivo e diz respeito a pequenas áreas localizadas de presença de água (Duarte *et al.*, 2006). Os grãos de prata

isolados formam-se em consequência da ligação iônica de moléculas de água a extremidades polares dos polímeros e representam microdomínios na resina que foram mal polimerizados. Estes microdomínios levam a regiões de flexibilidade da resina que podem acomodar moléculas de água e que podem levar a um aumento da permeabilidade da resina à água (Tay *et al.*, 2004b). Apesar de os grãos isolados variarem consideravelmente em tamanho, têm tendência a ficar sempre separados, mesmo que se encontrem densamente acumulados numa determinada região (Tay *et al.*, 2004b).

2.2 Objetivos gerais do estudo

Estudar o efeito da estratégia de adesão, das condições de humidade da dentina e do envelhecimento, na expressão de nanoinfiltração na interface adesiva formada pelos adesivos universais.

2.2.1 Objetivos específicos do estudo

Estes objetivos gerais foram concretizados nos seguintes objetivos específicos:

1. Avaliar a influência da combinação adesivo/estratégia de adesão na expressão de nanoinfiltração na interface adesiva formada pelos adesivos universais.

H_0 : A combinação adesivo/estratégia de adesão não influencia a expressão de nanoinfiltração na interface adesiva formada pelos adesivos universais.

H_1 : A combinação adesivo/estratégia de adesão influencia a expressão de nanoinfiltração na interface adesiva formada pelos adesivos universais.

2. Avaliar a influência das condições de humidade na expressão de nanoinfiltração na interface adesiva formada pelos adesivos universais.

H_0 : A condição de humidade da dentina não influencia a expressão de nanoinfiltração na interface adesiva formada pelos adesivos universais.

H_1 : A condição de humidade da dentina influencia a expressão de nanoinfiltração na interface adesiva formada pelos adesivos universais.

3. Avaliar a influência do tempo de envelhecimento artificial na expressão de nanoinfiltração na interface adesiva formada pelos adesivos universais.

H_0 : O tempo de envelhecimento artificial dos espécimes não influencia a expressão de nanoinfiltração na interface adesiva formada pelos adesivos universais.

H_1 : O tempo de envelhecimento artificial dos espécimes influencia a expressão de nanoinfiltração na interface adesiva formada pelos adesivos universais.

2.3 Material e Métodos

2.3.1 Delineamento experimental

Cento e doze discos de dentina média foram obtidos a partir do mesmo número de terceiros molares hígidos e distribuídos de forma equitativa e aleatória por 16 grupos de trabalho (n=7), de acordo com o tipo de adesivo e estratégia de adesão, e condição de humidade da dentina, conforme o esquema da tabela 1.

Após adesão e restauração cada disco de dentina foi seccionado perpendicularmente à sua superfície, por forma a obter dois hemidiscos. Cada hemidisco foi avaliado em duas janelas temporais: um hemidisco foi avaliado às 24 h após adesão e o outro hemidisco avaliado após 6 meses de armazenamento artificial numa solução de azida sódica, de modo a avaliar a influência do tempo de envelhecimento na expressão de nanoinfiltração na interface adesiva dos adesivos em estudo.

Todos os 224 hemidiscos resultantes foram infiltrados com nitrato de prata amoniacal e visualizados em FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos e avaliados quanto à percentagem de comprimento da interface adesiva com nanoinfiltração relativamente ao comprimento total da interface adesiva. Foram também obtidas microfotografias de áreas representativas da interface adesiva, de modo a inferir sobre a localização geral e ultramorfologia dos depósitos de prata encontrados.

2.3.2 Seleção e alocação dos dentes pelos grupos de estudo

Após aprovação pela Comissão de Ética da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa (em anexo), 112 terceiros molares humanos foram armazenados numa solução aquosa de cloramina a 0,5%, a 4°C, por um período não superior a seis meses após extração, trocada semanalmente. Nas 24 h anteriores ao seu processamento os dentes foram colocados em água destilada, a 4°C (Sezinando *et al.*, 2012).

Previamente ao seu armazenamento os dentes foram limpos com ponta ultrasónica e curetas de *Gracey* com o objetivo de remover restos de tecidos orgânicos e inorgânicos.

Foram definidos os seguintes critérios de inclusão:

- terceiros molares erupcionados e não-erupcionados com raízes completamente formadas;
- dentes sem lesões de cárie, fraturas, reabsorções ou restaurações;
- dentes sem tratamento endodôntico prévio.

2.3.3 Preparação dos dentes

Os 112 molares selecionados foram montados com cera colante perpendicularmente ao longo eixo de cilindros de resina acrílica (figura 34).



Figura 34 - Montagem dos dentes em cilindros de resina acrílica.

As cúspides foram removidas pelo fundo do sulco oclusal mesiodistal com uma lâmina diamantada (IsometTM Diamond Wafering Blades) numa máquina de corte (IsometTM1000) (figura 35a), sob refrigeração constante com água. Um segundo corte foi feito 1 mm abaixo do primeiro de modo a expor a dentina média e outro novamente 1 mm abaixo do segundo de modo a obter discos de dentina com cerca de 1 mm de espessura (figura 35c). A face pulpar do disco foi marcada com tinta à prova de água de modo a ser facilmente reconhecida (figura 35b).

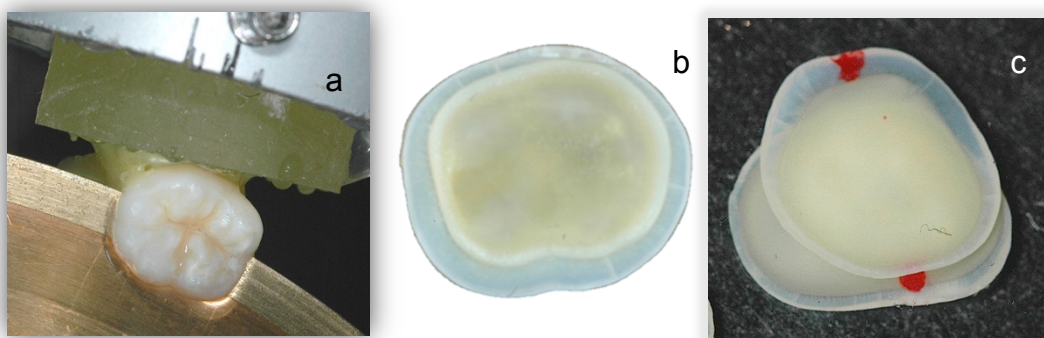


Figura 35 - a) Remoção das cúspides pelo fundo do sulco oclusal mesiodistal; b) Disco de dentina média com aproximadamente 1 mm de espessura; c) Marcação da superfície pulpar do disco de dentina com tinta à prova de água.

Todos os discos foram observados num estereomicroscópio (MEIJI Techno, Somerset, Reino Unido) para verificar a presença de remanescentes pulpares ou de esmalte na superfície a aderir.

Sobre a superfície coronária dos discos foi criada uma *smear layer* padronizada, utilizando discos de papel abrasivo de carvão de silício de grão 600 (Buehler, Ltd.) sob água corrente, numa máquina polidora (Lunn Major) durante 60 s (Pashley *et al.*, 1988a).

2.3.4 Procedimento restaurador

Os adesivos universais Scotchbond Universal, Futurabond U e Adhese Universal (cuja características individuais e composição se encontram descritas nas tabelas 2 e 3, respetivamente) foram utilizados na versão *etch-and-rinse* e *self-etch*. Nos adesivos controlo, Clearfil SE Bond e Optibond SOLO Plus, o tipo de estratégia adesiva foi forçosamente determinado pelo adesivo em causa, *self-etch* ou *etch-and-rinse*, respetivamente.

Os adesivos foram aplicados sobre a face coronal dos discos de dentina obtidos, segundo recomendações do fabricante (tabela 4), exceto no respeitante à quantidade de humidade deixada sobre a dentina antes da aplicação do adesivo.

As condições de humidade da dentina foram definidas de forma semelhante ao exposto no estudo de resistência adesiva: a dentina húmida, criada pela passagem de uma bola de algodão húmida (molhada em água destilada e espremida) sobre a superfície de dentina lavada, por forma a obter uma superfície de dentina brilhante sem excesso de humidade (Kanca, 1992b). Com o objetivo de obter um substrato adesivo seco, a dentina foi seca com um jato de ar comprimido suave, isento de água e óleo, durante 5 s e a uma distância de 2 cm da superfície de dentina (Perdigão *et al.*, 1999c). As condições de humidade da dentina foram reproduzidas de forma semelhante para os adesivos controlo.

A figura 36 sistematiza a técnica adesiva aplicada aos discos de dentina.

Após polimerização dos adesivos com um fotopolimerizador LED Bluephase 20i (Ivoclar Vivadent) no programa *High Power* com uma intensidade de luz de 1200 mW/cm², de acordo com o tempo recomendado pelos respetivos fabricantes (tabela 4), a superfície dos discos foi recoberta com um incremento de 1 mm de uma resina composta fluida particulada (figura 37), cujas características se encontram detalhadas na tabela 12.

Tabela 12 – Fabricante e composição química da resina composta fluida utilizada no estudo de nanoinfiltração.

Resinas (Cor/Lote)	Fabricante	Composição	Modo de Polimerização
Tetric Evo Flow (A ₃ /Lote R65600)	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Monómeros de dimetacrilatos (38% em peso) Partículas de carga: vidro de bário, trifluoreto de itérbio, dióxido de silício altamente disperso e óxidos mistos e copolímeros (62% em peso) Aditivos Catalisadores Estabilizadores Pigmentos (<1,0% em peso) Carga inorgânica (57,5% em peso)	Fotopolimerizável

A resina composta fluida foi polimerizada por 10 s com o mesmo fotopolimerizador LED Bluephase 20i (Ivoclar Vivadent), no programa *High Power* com uma intensidade de luz de 1200 mW/cm². Tanto para a fotopolimerização dos sistemas adesivos, como do compósito fluído, a intensidade do fotopolimerizador foi avaliada periodicamente a cada quatro dentes com um radiômetro (Bluephase® Meter Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e a sua ponta limpa com uma compressa com álcool.



Figura 36 - Aplicação do sistema adesivo: a) Disco de dentina média; b) Estratégia de aplicação *etch-and-rinse* - condicionamento ácido segundo recomendações do fabricante; c) Estratégia de aplicação *self-etch* - sem condicionamento ácido; d) Lavagem com água durante 10 s; e) Secagem da dentina com jato de ar durante 5 s a 2 cm na outra metade dos espécimes; f) Aplicação de bola de algodão húmida sobre a dentina em metade dos espécimes; g) Aplicação do adesivo segundo recomendações do fabricante; h) Polimerização do adesivo segundo recomendações do fabricante.

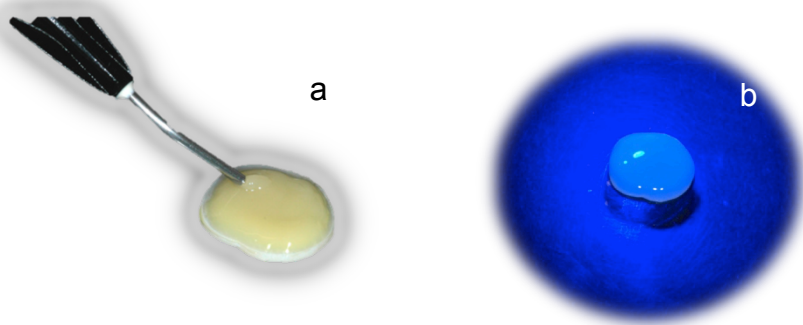


Figura 37 - a) Restauração do disco de dentina com resina fluída até perfazer 1 mm de altura; b) Polimerização da resina composta segundo recomendação do fabricante.

Após reconstrução, os discos restaurados foram colocados em água destilada no interior de copos etiquetados, a 37°C, em 100% de humidade relativa, durante 24 h (Hikita *et al.*, 2007).

Findo esse período os discos foram novamente montados em cilindros de resina acrílica com cera colante e divididos em duas metades (figura 38).

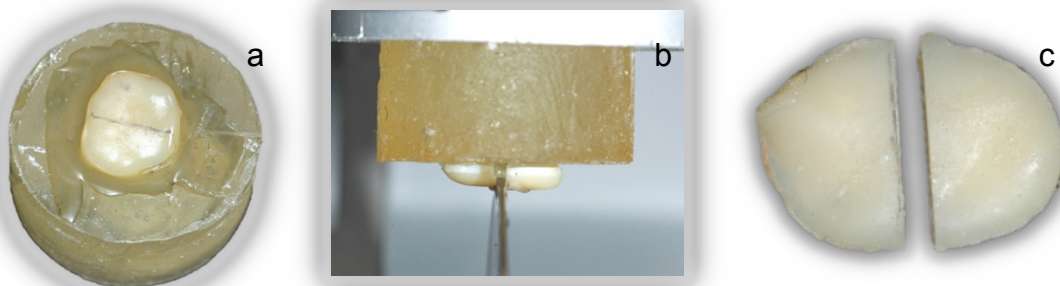


Figura 38 - a) Montagem dos discos em cilindros de resina acrílica; b) Corte dos discos; c) Disco separado em duas metades.

Um hemidisco de cada espécime foi processado para avaliação às 24 h e o outro hemidisco correspondente foi guardado em 1 ml de azida sódica a 0,4% (pH=7), por 6 meses, a 37°C (Burrow *et al.*, 1996). A solução de armazenamento foi trocada semanalmente (Skovron *et al.*, 2010).

2.3.5 Nanoinfiltração dos espécimes

Após cada período de avaliação, 24 h e 6 meses, os espécimes respectivos foram recobertos por duas camadas de verniz das unhas de cor vermelha (Express Finish, Maybelline, New York), exceto em 1 mm ao redor da interface adesiva de modo a que essa região ficasse exposta ao agente penetrante (Sano *et al.*, 1995a) – figura 39.



Figura 39 - a) Hemidiscos de dentina; b) Hemidiscos de dentina recobertos com duas camadas de verniz; c) Verniz das unhas; d) Aspecto do hemidisco com a interface não pintada com verniz.

Após secagem do verniz, os hemidiscos foram reidratados por imersão em água destilada durante 10 min de forma a prevenir a desidratação dos espécimes (figura 40a) que poderia resultar na formação de hiatos submicrométricos entre a camada híbrida e a dentina mineralizada subjacente (Agee *et al.*, 2003).

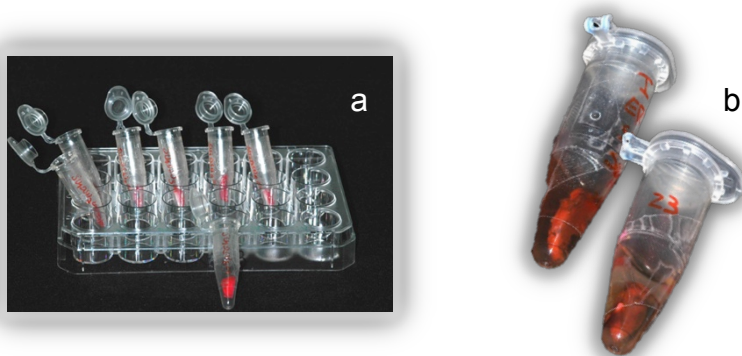


Figura 40 - a) Reidratação dos hemidiscos; b) Colocação dos hemidiscos em nitrato de prata amoniacal.

De seguida, os espécimes foram colocados numa solução aquosa de nitrato de prata amoniacal durante 24 h a 37 °C, preparada segundo Tay (2002c), e protegidos da luz com uma película de papel de alumínio.



Figura 41 - a) Solução de nitrato de prata amoniacal; b) Nitrato de prata; c) Hidróxido de amónia.

A solução aquosa de nitrato de prata foi preparada dissolvendo 25 g de cristais de nitrato de prata (Sigma - Aldrich Chemical Company, St Louis, MO, EUA) em 25 ml de água destilada. Foi de seguida utilizado hidróxido de amónia concentrada (28%) (Sigma - Aldrich Chemical Company, St Louis, MO, EUA) para titular a solução preta até que a solução ficasse clara. Esta última solução foi diluída em água destilada até encontrar uma solução de nitrato de prata a 50% (pH 9,5) (Tay *et al.*, 2002c) – figura 41.

Após 24 h, os hemidiscos foram colocados sob água corrente durante 1 min e imersos numa solução fotográfica reveladora (Periomat Intra, DÜR DENTAL, Bietigheim-Bissingen, Alemanha) durante 8 h, de modo a permitir a redução dos iões de prata a grãos de prata metálicos (Tay *et al.*, 2002b) - figura 42a.

Findo esse período os hemidiscos foram lavadas em água corrente durante 1 min. O verniz da superfície os hemidiscos foi removido, por raspagem, com uma faca de cera (figura 42b).



Figura 42 - a) Solução fotográfica reveladora; b) Interface dos hemidiscos após remoção do verniz.

2.3.6 Preparação dos espécimes para microscopia eletrónica de varrimento

De modo a proceder à sua fixação, os espécimes foram imersos numa solução de 2,5% de glutaraldeído em tampão cacodilato a 0,1 M, pH=7,4 (Fixativo de Karnovsky's) durante 12 h a 4 °C (Perdigão *et al.*, 1995). Após fixação, os espécimes foram colocados numa solução tampão de cacodilato 0,1 M, pH=7,4 durante 1 h. A solução tampão foi trocada a cada 20 min.

Os hemidiscos foram polidos com discos de lixa de carbetto de silício de abrasividade decrescente: grão 600, seguido de 1200 e por fim 2500 (Buehler) durante 1 min com refrigeração (figura 43) e, em seguida, polidas durante 1 min com discos de feltro (Whitefelt, Buehler Lake Bluff, IL, EUA) com pasta de diamante de abrasividade decrescente de 6 µm, 3 µm e 1 µm (Meta Di® Monocrystalline Diamond Suspension, Buehler Lake Bluff, IL, EUA), numa máquina polidora (Lunn Major) sob refrigeração (figura 44).

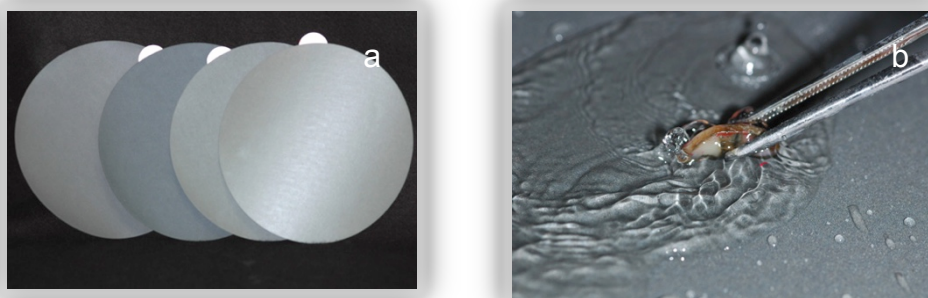


Figura 43 - a) Discos de lixa de carbeto de silício; b) Polimento de um hemidisco durante 1 min com refrigeração.

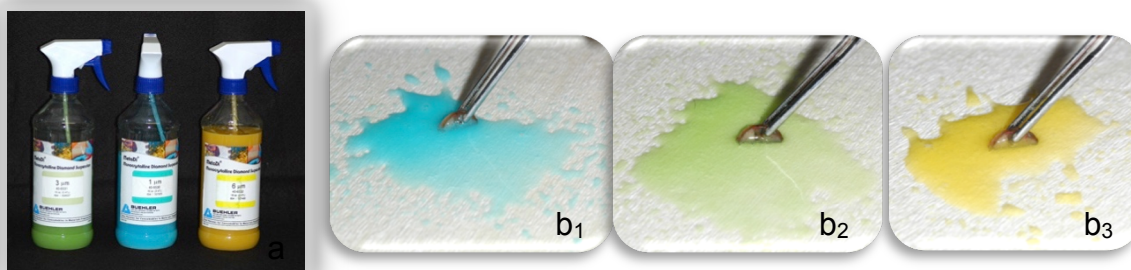


Figura 44 - a) Pastas de polimento diamantadas; b) Polimento de um hemidisco durante 1 min com pasta de diamante de abrasividade decrescente de 6 μm (b_1) e de 3 μm (b_2) e de 1 μm (b_3) respetivamente.

Os espécimes foram limpos num aparelho de ultrassons, num banho de 100% de etanol por 10 min e seguidamente secos e desmineralizados em 0,5% de ácido fosfórico sem sílica, por 1 min, para remover os detritos do polimento.

Os hemidiscos foram então colocados durante 1 min em água destilada e depois desidratados em concentrações ascendentes de etanol segundo esquema (figura 45): 20 min em etanol a 25%, 20 min em etanol a 50%, 20 min em etanol a 75%, 30 min em etanol a 96% e 60 min em etanol a 100%.



Figura 45 - Desidratação dos espécimes em concentrações ascendentes de etanol.

Os espécimes foram secos por imersão em hexametildisilazano (HMDS) (SIGMA ALDRICH, St. Louis, EUA) - por 10 min (Perdigão *et al.*, 1995) e posteriormente colocados em caixas individualizadas com papel absorvente, à temperatura ambiente (figura 46).



Figura 46 - Secagem dos hemidiscos à temperatura ambiente.

De acordo com o grupo ao qual pertenciam, os hemidiscos foram montados em porta-espécimes de alumínio forrados com fita de carbono (Ted Pella, EUA). A fita de carbono exposta foi seguidamente recoberta com uma camada de uma suspensão de prata coloidal de secagem rápida (Pelco[®] Colloidal Silver Liquid, Ted Pella, EUA) para tornar a superfície mais condutora e impedir a acumulação de elétrons dentro da câmara do FEG-SEM (figura 47).

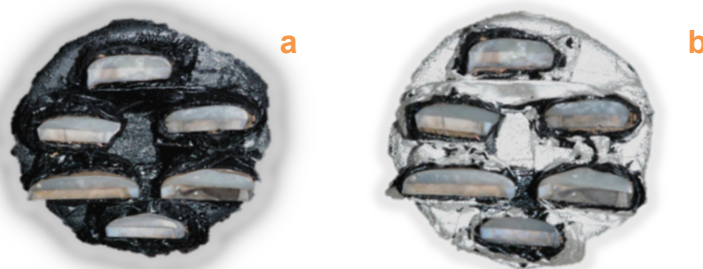


Figura 47 - Montagem dos hemidiscos em porta-espécimes de alumínio a) Forrados com fita de carbono; b) Após recobrimento com uma camada de uma suspensão de prata coloidal de secagem rápida.

Os porta-espécimes com os hemidiscos foram metalizados numa atmosfera de árgon com 200 nm de ouro/paládio numa máquina de cobertura de espécimes (JEOL Fine Coat Ion Sputter JFC-1100E, Tóquio, Japão) - figura 48.



Figura 48 - Metalização dos espécimes numa atmosfera de árgon com 200 nm de ouro/paládio numa máquina de cobertura de espécimes.

2.3.7 Análise por microscopia eletrónica de varrimento

Os espécimes foram observados num FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos (JEOL JSM 7301F, Tóquio, Japão), com uma voltagem de aceleração de 15,0 kV e uma distância de trabalho de 10 mm (figura 49).



Figura 49 - Microscópio eletrônico de varrimento de alta resolução.

A extensão da penetração do nitrato de prata ao longo da interface adesiva dentina/adesivo foi observada, com uma ampliação de 200X, recorrendo ao software Quartz PCI 4.00 (Quartz Imaging Corporation, Vancouver, BC, Canadá). Pontualmente foram tiradas microfotografias com uma ampliação de 1500X, 2500X ou 5000X para visualizar a localização geral da prata na interface adesiva, bem como a ultramorfologia dos seus depósitos.

Foi considerada nanoinfiltração por nitrato de prata a presença de sinal branco intenso metalizado de aspeto globular ou reticular nas interfaces referidas anteriormente, confirmado pelo sistema de microanálise por espectroscopia por dispersão de energia (EDS) associado ao FEG-SEM (Oxford Inca Energy 250® - Oxford Instruments, Oxfordshire, United Kingdom).

Para medir o comprimento total da interface de cada disco, foi utilizado o software Image J 1.38r (Wayne Rasbond, National Institutes of Health, EUA).

A extensão de nanoinfiltração na interface adesiva de cada hemidisco foi calculada como a percentagem de penetração do agente marcador, no comprimento total da interface adesiva recorrendo à fórmula:

$N = [C/I] \times 100$, em que é **N** é a percentagem de nanoinfiltração ao longo da interface adesiva, **C** é o comprimento da interface infiltrada e **I** é o comprimento total da interface.

2.3.8 Análise estatística

A dimensão da amostra (n) foi determinada, tendo em conta os resultados obtidos num estudo piloto previamente realizado, de maneira a fixar o erro estatístico tipo I (α) em 0,05 e o erro tipo II (β) em 0,20. Foi utilizada para esse objetivo, a fórmula desenvolvida por Snedecor e Cochran: $n=1+2C(s/d)^2$, sendo s o desvio padrão, d a diferença a ser detetada e C a constante dependente do valor de α e β selecionados (Dell, Holleran e Ramakrishnan 2002).

Os dados obtidos foram inseridos numa base de dados e analisados estatisticamente com a aplicação informática SPSS for Windows, versão 15.0 (Statistic Package for Social Sciences, Inc. IL 60606, EUA).

Foram registadas as percentagens de nanoinfiltração dos 112 hemidiscos processados às 24 h e dos respetivos hemidiscos processados aos 6 meses e procedeu-se à análise estatística descritiva e inferencial.

Os dados de todos os espécimes pertencentes ao mesmo grupo foram agrupados para fins estatísticos.

A normalidade da distribuição de dados foi testada com o teste de Shapiro-Wilk.

Os dados obtidos foram submetidos a teste não-paramétrico segundo Kruskal-Wallis para avaliação da influência do fator adesivo/estratégia de adesão, seguido de comparações múltiplas utilizando o teste de Mann-Whitney com correção de Bonferroni.

A influência do fator condição da dentina foi avaliada recorrendo a testes não paramétricos segundo Mann-Whitney.

Para a comparação das observações relativas entre os hemidiscos analisados às 24 h e dos hemidiscos correspondentes analisados após 6 meses de envelhecimento, foi utilizado o teste não paramétrico para amostras emparelhadas de Wilcoxon. As variações absolutas entre a nanoinfiltração das 24 h e a dos 6 meses (intensidade de degradação da interface ao longo do tempo) entre diferentes grupos considerados, recorrendo novamente ao testes

não paramétricos de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis, aplicando-se a correção de Bonferroni nas comparações múltiplas.

2.4 Resultados

Todo o comprimento da interface adesiva foi fotografado com uma ampliação de 200X (figura 50), de modo a poder quantificar a interface adesiva infiltrada por prata relativamente ao comprimento total da interface. A presença de prata foi confirmada por EDS (figura 51). Microfotografias dos depósitos de prata foram obtidas de áreas representativas dos espécimes (figura 52).

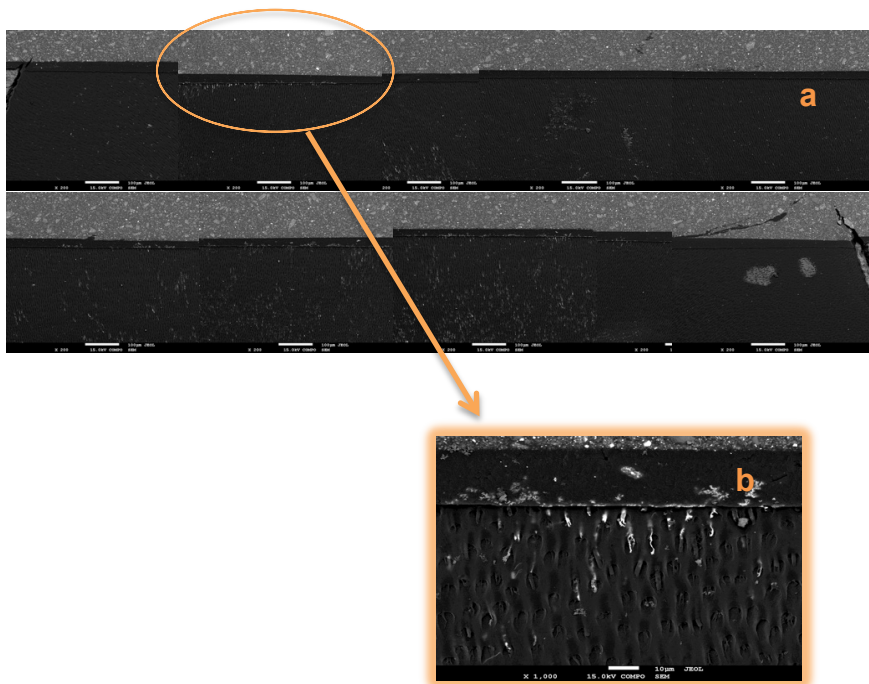


Figura 50 - Imagem de FEG-SEM com detetor de elétrons retrodifundidos da interface adesiva do espécime **Scotchbond Universal** na sua versão **self-etch**, em **dentina húmida** (a). A interface foi encurtada por motivos de representação. A figura b pretende mostrar uma área representativa de nanoinfiltração. Ampliações de 200X (a) e de 1500X (b).

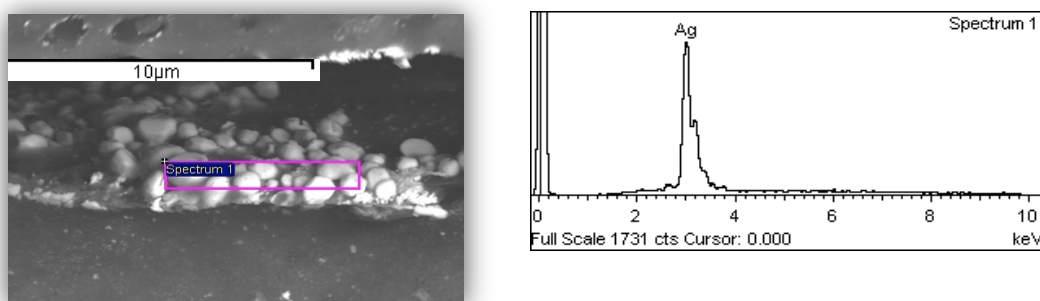


Figura 51 - Região da interface adesiva utilizada para análise de espetros (à esquerda) e confirmação da presença do elemento prata na interface adesiva por análise EDS (à direita).

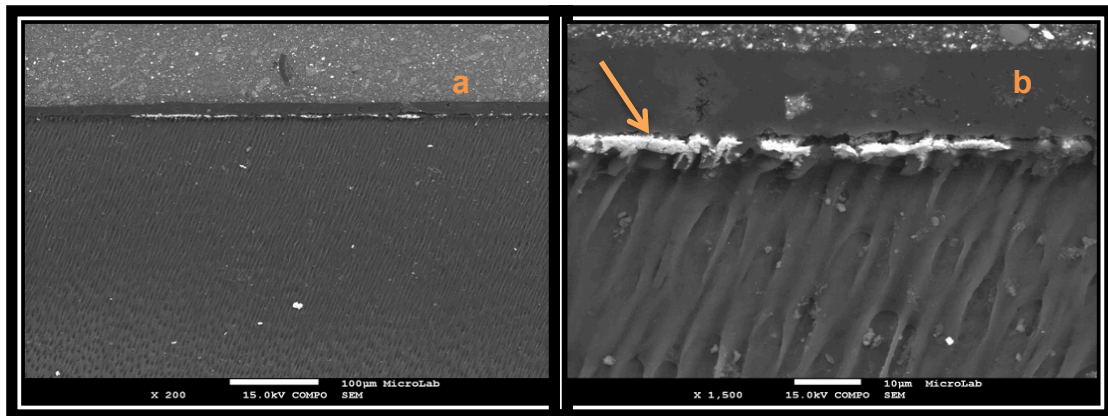


Figura 52 - Nanoinfiltração da interface adesiva observada a 200X (a) e a 1500X (b). Presença de nitrato de prata na camada híbrida (seta).

2.4.1 Resultados da nanoinfiltração na interface adesiva

As tabelas 13 e 14 descrevem a média, desvio-padrão, a mediana e o intervalo interquartil, bem como os valores extremos das observações de cada grupo de estudo, às 24 h e aos 6 meses, respectivamente.

Tabela 13 - Medidas de tendência central e de dispersão de proporção de nanoinfiltração às **24 h**, dos 16 grupos constituídos de acordo com as combinações possíveis entre adesivo/estratégia de adesão e, condição de humidade da dentina utilizados.

Adesivo/Estratégia de adesão	Nanoinfiltração observada às 24 h (%)			
	Média (desvio-padrão)	Mediana (intervalo interquartil)	Valor mínimo	Valor máximo
SU-SE-H	8,9 (10,20)	5,0 (15,97)	0	28,46
SU-SE-S	4,8 (4,03)	5,0 (6,13)	0,29	12,03
SU-ER-H	25,8 (5,62)	23,7 (9,90)	20,47	35,69
SU-ER-S	20,1 (18,04)	15,0 (14,87)	6,04	59,06
FU-SE-H	7,0 (3,59)	6,1 (7,98)	3,48	12,4
FU-SE-S	3,7 (2,49)	4,0 (4,47)	0,14	6,46
FU-ER-H	17,4 (4,44)	17,8 (5,47)	10,12	23,96
FU-ER-S	16,0 (5,97)	15,2 (10,92)	8,16	24,7
AU-SE-H	1,8 (2,01)	1,3 (3,5)	0	4,96
AU-SE-S	1,0 (1,18)	0,8 (1,5)	0	3,19
AU-ER-H	16,9 (9,04)	18,1 (14,62)	3,51	29,76
AU-ER-S	17,6 (12,26)	10,7 (22,09)	9,23	38,85
CL-SE-H	1,1 (1,76)	0,2 (2,87)	0	4,32
CL-SE-S	1,9 (2,15)	0,5 (4,51)	0,04	4,79
OS-ER-H	10,2 (8,75)	10,0 (18,38)	0	22,71
OS-ER-S	19,1 (12,81)	24,5 (21,07)	4,45	37,41

Tabela 14 - Medidas de tendência central e de dispersão de proporção de nanoinfiltração aos **6 meses**, dos 16 grupos de estudo constituídos de acordo com a combinações possíveis entre adesivo/estratégia de adesão e condição de humidade da dentina utilizados.

Adesivo/Estratégia de adesão	Nanoinfiltração observada aos 6 meses (%)			
	Média (desvio-padrão)	Mediana (intervalo interquartil)	Valor mínimo	Valor máximo
SU-SE-H	6,7 (4,11)	6,5 (6,65)	1,82	13,71
SU-SE-S	11,7 (5,62)	9,3 (7,35)	7,4	22,85
SU-ER-H	27,01 (5,81)	27,3 (12,29)	18,87	34,78
SU-ER-S	28,1 (8,24)	27,0 (14,54)	15,43	39,24
FU-SE-H	9,8 (4,08)	10,7 (7,74)	3,5	13,98
FU-SE-S	12,8 (8,49)	16,1 (17,50)	0,52	20,3
FU-ER-H	35,2 (9,71)	39,3 (17,59)	19,78	45,13
FU-ER-S	30,3 (7,41)	28,8 (5,07)	18,42	43,27
AU-SE-H	8,9 (6,79)	9,0 (12,67)	1,96	19,7
AU-SE-S	5,9 (4,74)	5,0 (8,72)	1,09	13,83
AU-ER-H	27,3 (11,14)	23,3 (13,81)	14,82	48,37
AU-ER-S	27,1 (11,13)	30,4 (23,14)	9,97	38,15
CL-SE-H	4,7 (4,61)	2,9 (8,75)	0	11,45
CL-SE-S	3,3 (3,10)	5,0 (4,85)	0	7,62
OS-ER-H	40,2 (21,24)	33,2 (42,73)	12,55	62,76
OS-ER-S	26,6 (9,22)	31,7 (12,45)	9,16	34,22

Do conjunto de 112 hemidiscos avaliados às 24 h, 12 hemidiscos não apresentaram qualquer infiltração por nitrato de prata objetivável: AU-SE-S (3 espécimes); AU-SE-H (3 espécimes); CL-SE-H (3 espécimes); SU-SE-H (2 espécimes) e OS-ER-H (1 espécime). Aos 6 meses de avaliação apenas dois hemidiscos do grupo CL-SE apresentaram toda a interface adesiva livre de nanoinfiltração detetável por esta metodologia, sendo que um dos espécimes corresponde a um hemidisco cuja ausência de nitrato de prata também se verificou às 24 h e o outro espécime do grupo CL-SE-S, apresentava às 24 h uma percentagem de interface infiltrada de 0,1%.

Uma vez que não se verificou a normalidade dos dados (teste de Shapiro-Wilk $<0,001$) por marcada assimetria positiva das observações, recorreu-se análise inferencial não-paramétrica.

Influência da combinação adesivo/ estratégia de adesão

A tabela 15 descreve as medianas e respectivos intervalos interquartil da percentagem de nanoinfiltração, de acordo com os grupos resultados da combinação adesivo/estratégia de adesão às 24 h e aos 6 meses.

Tabela 15- Mediana e intervalo interquartil da percentagem de nanoinfiltração na interface adesiva em função da associação adesivo/estratégia de adesão, às **24 h** e aos **6 meses**.

Adesivo/ Estratégia de adesão	Nanoinfiltração (%) Mediana (intervalo interquartil)	
	Tempo de avaliação	
	24 h	6 meses
SU-SE	5,0 (7,56) ^{a, c}	8,0 (5,97) ^a
SU-ER	21,7 (12,51) ^b	27,3 (12,28) ^b
FU-SE	5,6 (3,33) ^{a, c}	13,1 (11,54) ^{a, c}
FU-ER	16,6 (7,59) ^{b, c}	31,5 (14,74) ^b
AU-SE	1,1 (3,05) ^a	5,0 (9,00) ^a
AU-ER	13,6 (15,36) ^{b, c}	27,5 (16,82) ^{b, c}
CL-SE	0,3 (3,20) ^a	4,0 (7,42) ^a
OS-ER	11,4 (19,69) ^{b, c}	32,5 (20,21) ^b

Letras em sobrescrito iguais não apresentam diferenças estatísticas entre si ($p < 0,05$). As diferenças devem ser consideradas dentro da mesma coluna.

A análise dos dados obtidos mostrou existirem diferenças significativas na percentagem de interface nanoinfiltrada entre os grupos constituídos pelas diferentes combinações de tipo de adesivo/estratégia de adesão, quer às 24 h ($p < 0,001$), quer nos espécimes avaliados aos 6 meses ($p < 0,001$).

Na análise de comparações múltiplas dos oito grupos correspondentes à combinação adesivo/estratégia de adesão, verificou-se, quer às 24 h, quer aos 6 meses que, quando os adesivos universais SU e AU foram aplicados segundo a sua estratégia *etch-and-rinse*, a percentagem de nanoinfiltração na interface adesiva assumiu valores significativamente mais altos face aos obtidos quando os mesmos adesivos foram aplicados na sua versão *self-etch* [24 h - SU ($p = 0,011$); AU ($p < 0,001$); [6 meses - SU ($p = 0,005$); AU ($p = 0,002$)]. O mesmo se verificou com o adesivo controlo da técnica *etch-and-rinse*, OS

quando comparado com o adesivo controlo da estratégia *self-etch*, CL [24 h ($p=0,003$); 6 m ($p<0,001$)]. O grupo FU-ER demonstrou valores significativamente mais altos que o grupo FU-SE apenas na análise aos 6 meses [24 h ($p=0,08$); 6 m ($p=0,002$)].

Nos grupos em que os adesivos foram utilizados segundo a técnica *etch-and-rinse*, os adesivos universais não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si e nem em relação ao adesivo OS utilizado como controlo desta técnica de adesão ($p>0,05$), em nenhum dos tempos de análise considerados. Do mesmo modo, quando os adesivos foram utilizados segundo a técnica *self-etch*, nenhum par de diferentes adesivos diferiu significativamente entre si, em qualquer dos tempos avaliados ($p>0,05$).

Aos 6 meses, qualquer um dos grupos da estratégia *etch-and-rinse* apresentou maior nanoinfiltração que qualquer um dos grupos *self-etch*, à exceção do par AU-ER e FU-SE cuja diferença não atingiu significado estatístico ($p=0,068$).

A figura 53 reflete a análise da percentagem de nanoinfiltração na interface adesiva por combinação adesivo/estratégia de adesão associada, às 24 h, e a figura 54 aos 6 meses.

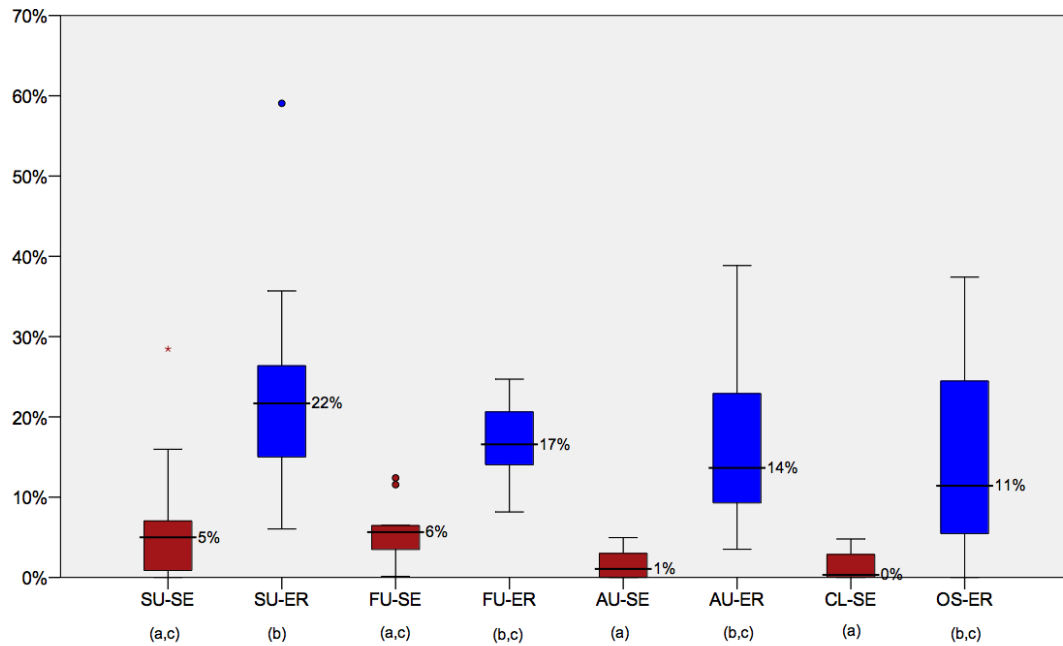


Figura 53 - Diagrama de caixas da percentagem de nanoinfiltração dos espécimes, avaliados às **24 h** de acordo com a combinação adesivo/estratégia de adesão utilizados. Os grupos assinalados com a mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si ($p > 0,05$). * - *outlier* severo; ° - *outlier* moderado.

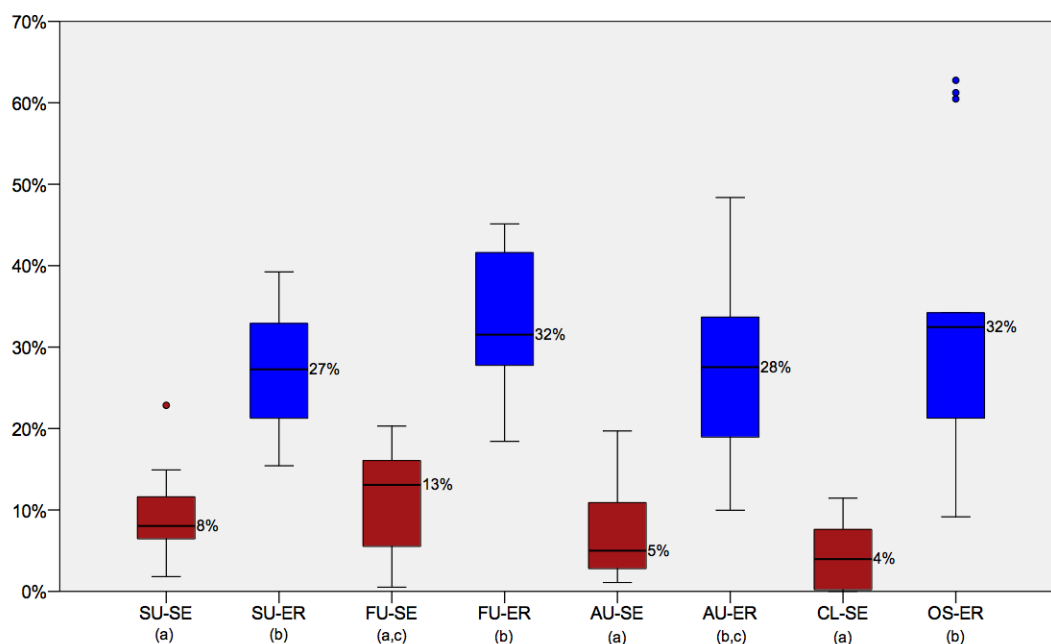


Figura 54 - Diagrama de caixas da percentagem de nanoinfiltração dos espécimes, avaliados aos **6 meses** de acordo com a combinação adesivo/estratégia de adesão utilizados. Os grupos assinalados com a mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si ($p > 0,05$). * - *outlier* severo; ° - *outlier* moderado.

De seguida, foram exploradas possíveis influências da “condição de humidade da dentina” e do “tempo de envelhecimento”, na expressão de nanoinfiltração para cada um dos grupos estudados.

Influência da condição de humidade da dentina

A tabela 16 descreve as medianas e respetivos intervalos interquartis da percentagem de nanoinfiltração por grupo, em função da humidade da dentina em cada tempo de envelhecimento.

Tabela 16 - Mediana e intervalo interquartil da percentagem de nanoinfiltração na interface adesiva em função da condição de humidade da dentina, para cada grupo adesivo/estratégia de adesão e tempo de envelhecimento.

Adesivo/ Estratégia de adesão	Nanoinfiltração (%)			
	Mediana (intervalo interquartil)			
	Condição de humidade da dentina			
	Húmida		Seca	
	Tempos de avaliação		Tempos de avaliação	
	24 h	6 meses	24 h	6 meses
SU-SE	5,0 (15,97)	6,5 (6,65)	5,0 (6,13)	9,3 (7,35)
SU-ER	23,7 (9,90)	27,3 (12,29)	15,0 (14,87)	27,0 (14,54)
FU-SE	6,1 (7,98)	10,7 (7,74)	4,0 (4,47)	16,1 (17,50)
FU-ER	17,8 (5,47)	39,3 (17,59)	15,2 (10,92)	28,8 (5,07)
AU-SE	1,3 (3,50)	9,0 (12,67)	0,8 (1,50)	5,0 (8,72)
AU-ER	18,1 (14,62)	23,3 (13,81)	10,7 (22,09)	30,4 (23,14)
CL-SE	0,9 (2,87)	2,9 (8,75)	0,5 (4,51)	5,0 (4,85)
OS-ER	10,0 (18,38)	33,2 (42,73)	24,5 (21,07)	31,7 (12,45)

Verificou-se que a condição de humidade da dentina (dentina húmida *versus* dentina seca) não influenciou a expressão de nanoinfiltração na interface adesiva, para nenhum dos grupos adesivo/estratégia de adesão ($p>0,05$) e em nenhum dos tempos avaliados - 24 h ($p=0,705$) e 6 meses ($p=0,845$) - figuras 55 e 56.

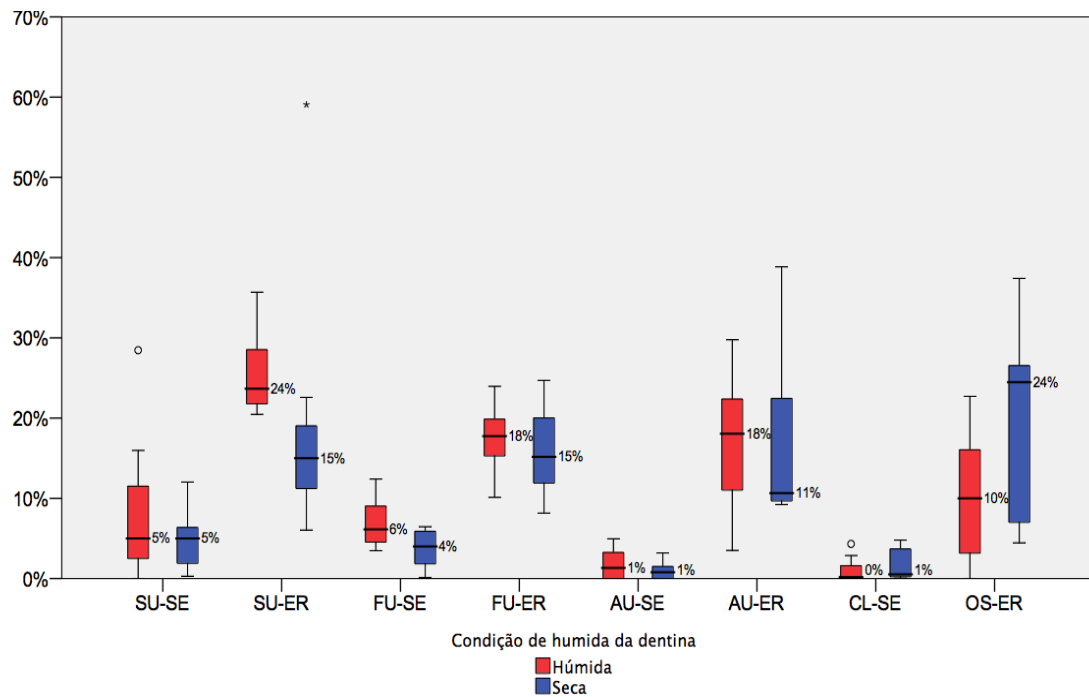


Figura 55 - Diagrama de caixa da percentagem de nanoinfiltração dos espécimes, avaliados às **24 h** de acordo com a condição de humidade da dentina. Não há diferença significativa entre nenhum dos grupos, quando comparados os espécimes processados com dentina seca *versus* dentina húmida ($p>0,05$).

* - *outlier* severo; ° - *outlier* moderado

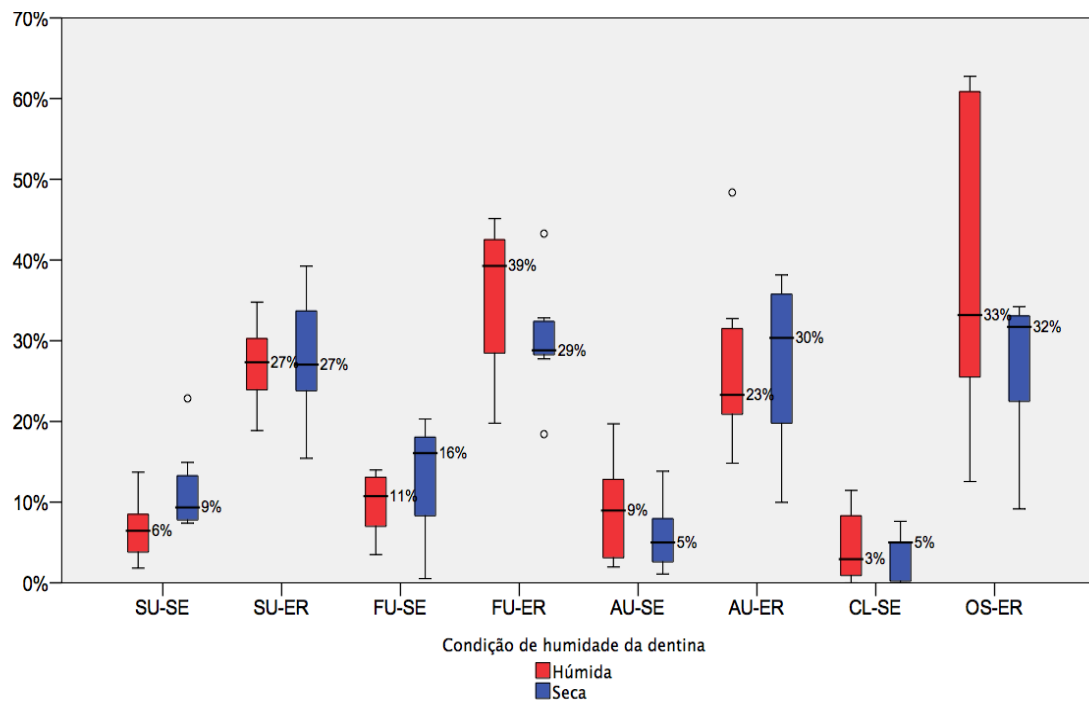


Figura 56 - Diagrama de caixa da percentagem de nanoinfiltração dos espécimes, avaliados aos **6 meses** de acordo com a condição de humidade da dentina. Não há diferença significativa entre nenhum dos grupos, quando comparados os espécimes processados com dentina seca *versus* dentina húmida ($p > 0,05$). * - *outlier* severo; ° - *outlier* moderado.

Influência do tempo de envelhecimento

A tabela 17 mostra as medianas e respectivos intervalos interquartis da percentagem de nanoinfiltração nos dois tempos de avaliação, para a combinação adesivo/estratégia de adesão.

Tabela 17 - Mediana e intervalo interquartil de nanoinfiltração na interface adesiva, por grupo de combinações de adesivo/estratégia de adesão, em função do tempo de envelhecimento.

Tempo	Nanoinfiltração (%)							
	Mediana (intervalo interquartil)							
	Adesivo/Estratégia de adesão							
	SU-SE	SU-ER	FU-SE*	FU-ER*	AU-SE*	AU-ER*	CL-SE*	OS-ER*
24 h	5,0 (6,17)	21,7 (11,37)	5,7 (2,98)	16,6 (6,6)	1,1 (3,00)	13,7 (13,63)	0,3 (2,83)	11,4 (19,01)
6 meses	8,0 (5,16)	27,3 (11,65)	13,1 (10,55)	31,5 (13,85)	5,0 (8,11)	27,5 (14,74)	4,0 (7,41)	32,5 (12,95)

* diferença estatisticamente significativa entre os dois períodos de envelhecimento para a combinação adesivo/estratégia adesiva em questão ($p < 0,05$).

O envelhecimento dos espécimes durante 6 meses, aumentou a expressão da nanoinfiltração na interface adesiva para os grupos FU-SE ($p=0,022$), FU-ER ($p=0,001$), AU-SE ($p=0,002$), AU-ER ($p=0,013$), CL-SE ($p=0,033$) e OS-ER ($p=0,003$). No entanto, nos grupos SU-SE ($p=0,096$) e SU-ER ($p=0,109$) o envelhecimento não afetou significativamente a proporção de interface adesiva nanoinfiltrada.

A figura 57 reflete a influência do tempo de envelhecimento na percentagem de nanoinfiltração na interface dos grupos definidos pela combinação adesivo/estratégia adesiva.

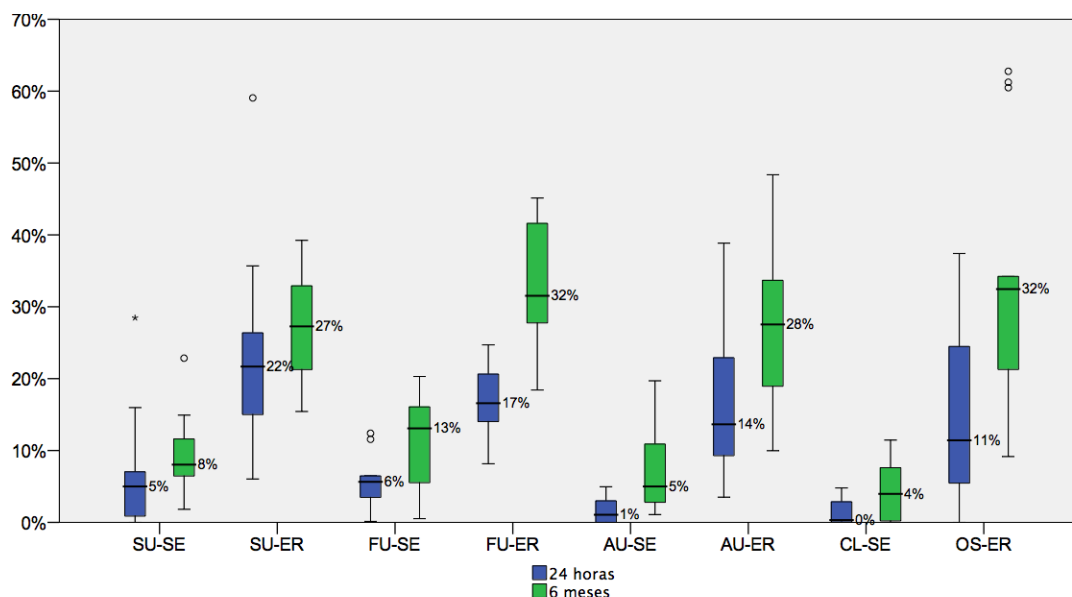


Figura 57 - Diagrama de caixa da percentagem de nanoinfiltração na interface adesiva dos grupos em estudo em função do tempo de envelhecimento. À exceção do grupo SU todos os outros grupos apresentam diferenças estatisticamente diferentes entre os dois tempos avaliados ($p < 0,05$). *- *outlier* severo; ° - *outlier* moderado.

De um modo genérico, os espécimes aplicados segundo estratégia de adesão *etch-and-rinse* quando comparados com os espécimes *self-etch*, além de apresentarem maior nanoinfiltração às 24 h e aos 6 meses, também se deterioraram mais em termos de nanoinfiltração na janela temporal considerada ($p = 0,001$). Na análise de subgrupos é possível demonstrar que tanto o grupo FU-ER como o grupo OS-ER aumentam mais a nanoinfiltração ao longo do tempo, do que os grupos respetivos aderidos sem condicionamento ácido da dentina.

Quando se compararam os espécimes de um mesmo adesivo, independentemente da estratégia de adesão utilizada, verificou-se que a degradação da interface adesiva, avaliada pela variação absoluta na percentagem de nanoinfiltração, foi maior no adesivo OS em relação aos adesivos CL e SU.

2.4.2 Ultraestrutura e localização geral dos depósitos de prata na interface adesiva

As figuras que se seguem são imagens representativas da interface adesiva infiltrada por nitrato de prata, dos diferentes adesivos em estudo, aplicados segundo diferentes estratégias de adesão, condições de humidade da dentina e em diferentes períodos de avaliação, respetivamente.

Quando os adesivos universais foram aplicados segundo estratégia de adesão *etch-and-rinse*, bem como no adesivo OS, os depósitos de nitrato de prata foram mais numerosos e mais intensos encontrando-se frequentemente localizados na camada híbrida e abaixo dela. Já quando os adesivos universais foram aplicados de forma *self-etch*, assim como, para o adesivo CL, os depósitos de nitrato de prata foram frequentemente encontrados na camada híbrida (figura 58 e 59).

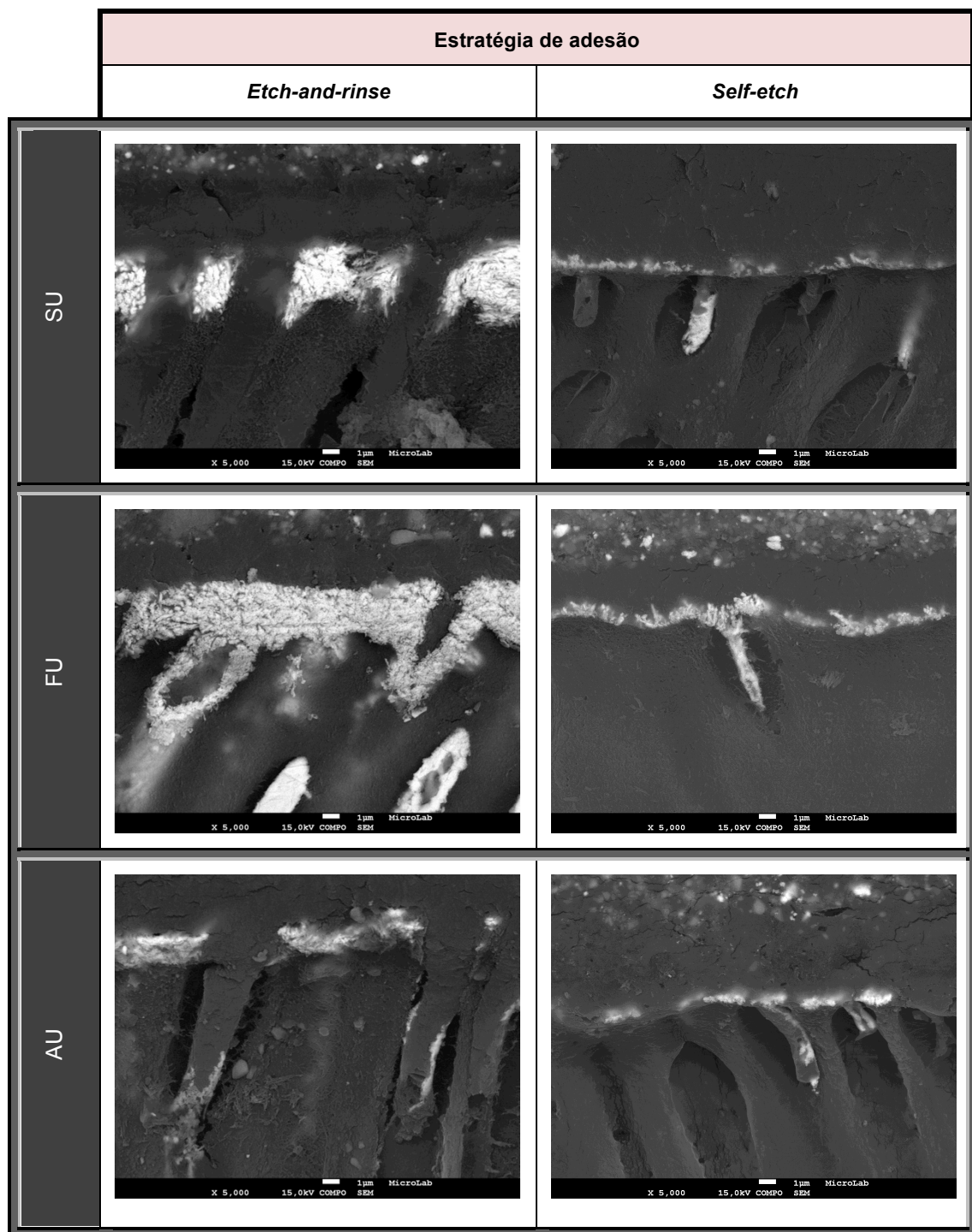


Figura 58 - Imagens de FEG-SEM com detector de elétrons retrodifundidos representativas da localização dos depósitos de nitrato de prata na interface adesiva dos adesivos universais, em função do tipo de estratégia de adesão. As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspecto granular. Ampliações de 5000X.

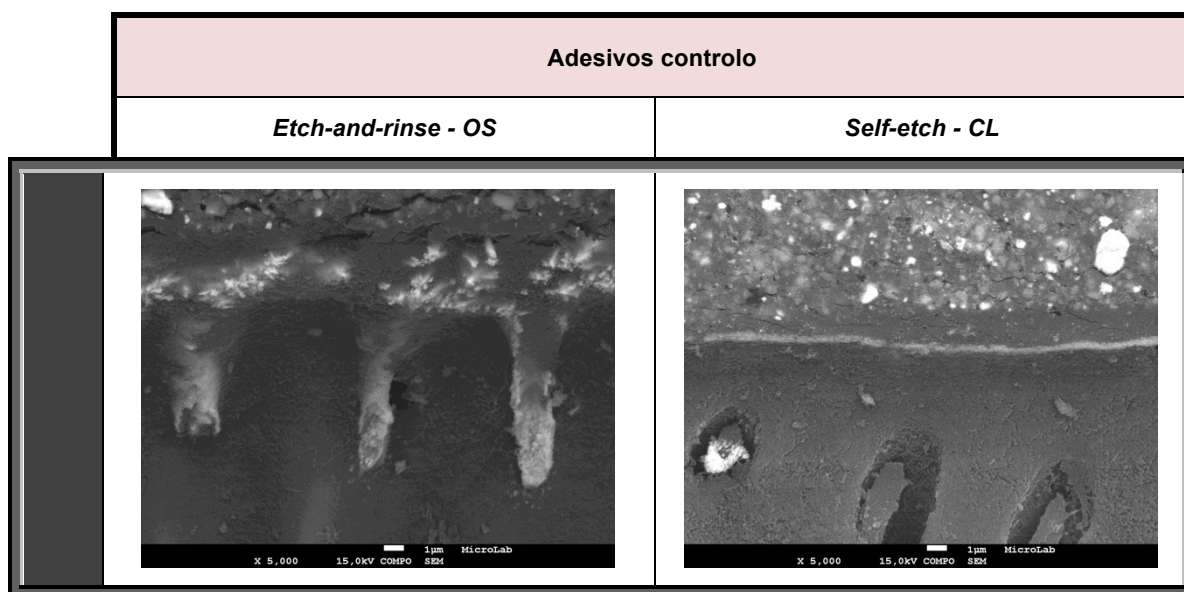


Figura 59 - Imagens de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos representativas da localização dos depósitos de nitrato de prata na interface adesiva dos adesivos controlo de cada estratégia de adesão. As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspeto granular. Ampliações de 5000X.

Alguns espécimes aplicados segundo técnica *etch-and-rinse* apresentam inclusivamente penetração de depósitos de prata entre os prolongamentos de resina e os túbulos dentinários (figura 60).

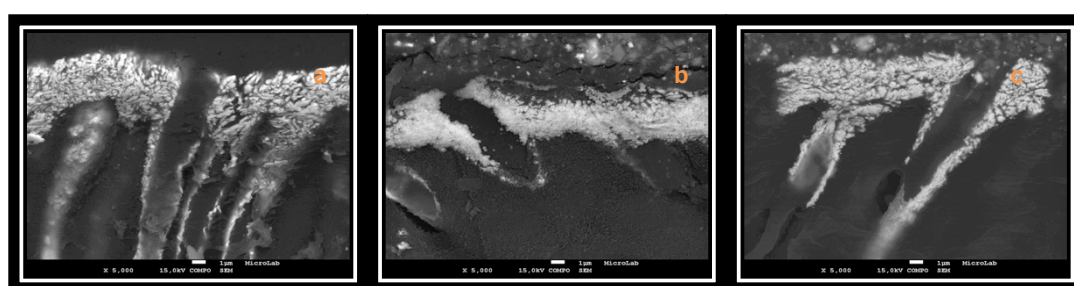


Figura 60 – Imagens de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos de parte da interface adesiva do adesivo **Adhese Universal** (a), do adesivo **Scotchbond Universal** (b) e do adesivo **Futurabond U** (c) todos aplicados segundo estratégia *etch-and-rinse* em **dentina húmida** que mostram a presença de prata entre os prolongamentos de resina e as paredes dos túbulos dentinários. Ampliações de 5000X.

Foram encontrados, por vezes, depósitos de prata no interior da camada adesiva, em especial após envelhecimento dos espécimes (figuras 61 e 62).

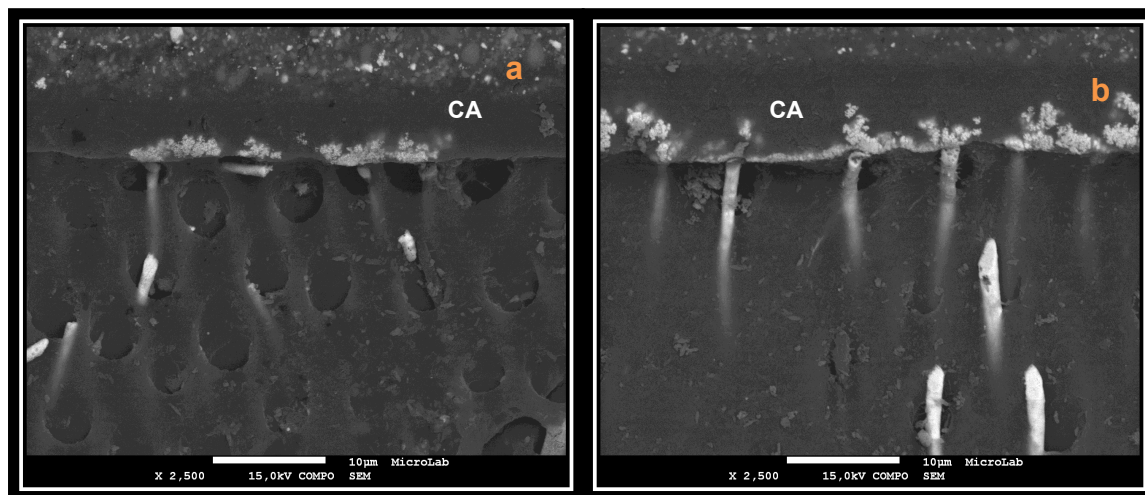


Figura 61 - Imagem de FEG-SEM com detetor de elétrons retrodifundidos da interface adesiva formada pelo adesivo Adhese Universal na sua versão *self-etch*, em dentina húmida, às 24 h (a) e após 6 meses de envelhecimento (b). De notar a presença de depósitos de prata no interior da camada adesiva (CA). Ampliações de 2500X.

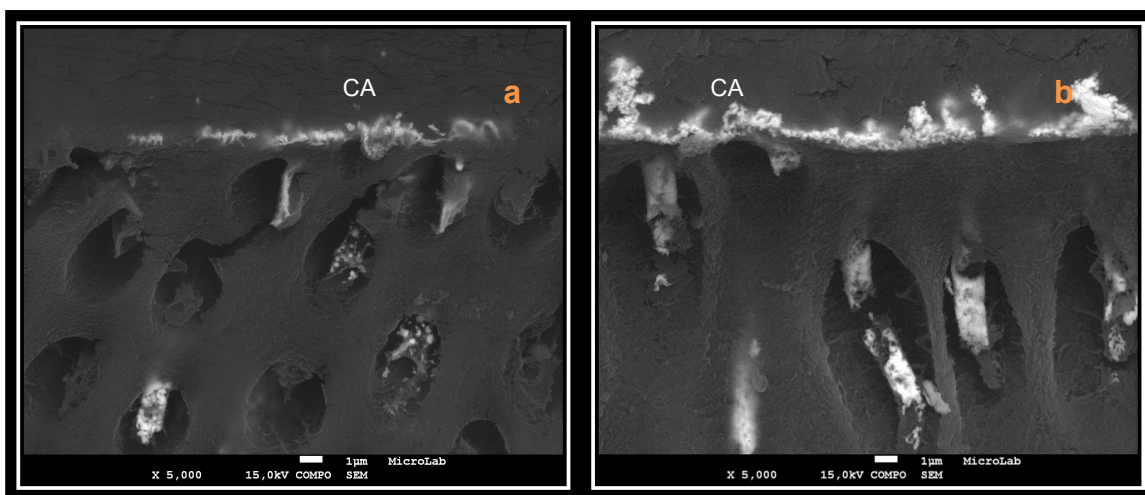


Figura 62 - Imagem de FEG-SEM com detetor de elétrons retrodifundidos da interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal** na sua versão *self-etch*, em **dentina húmida**, às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento (b). De notar a presença de depósitos de prata no interior da camada adesiva (CA). Ampliações de 5000X.

A localização geral e ultraestrutura dos depósitos de prata não variou de forma evidente entre os espécimes aderidos com diferentes condições de humidade da dentina, independentemente da estratégia de adesão utilizada (figuras 63 a 70).

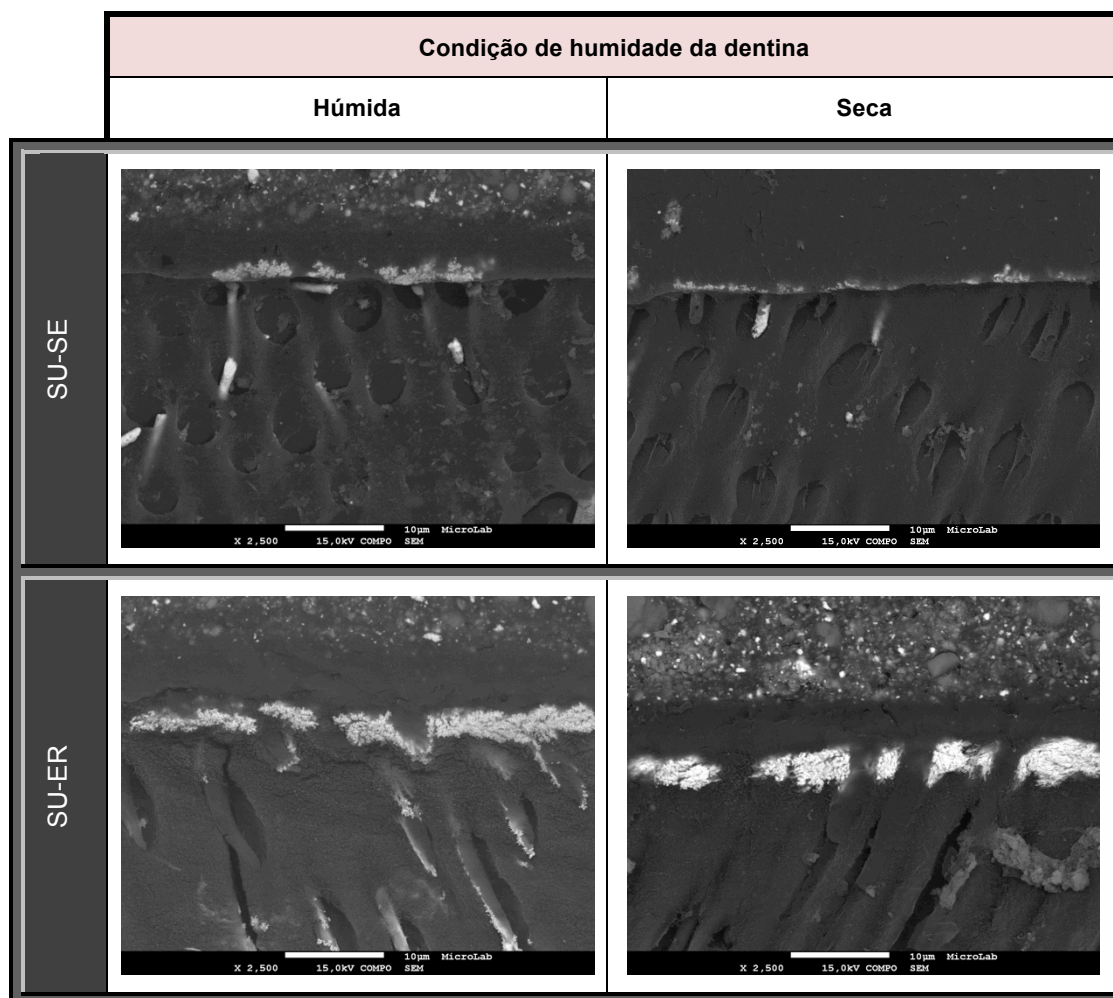


Figura 63 - Imagens de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos representativas da localização dos depósitos de nitrato de prata na interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal**, aplicado segundo estratégia **etch-and-rinse** e **self-etch**, em função da condição de humidade da dentina. As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspeto granular. Ampliações de 2500X.

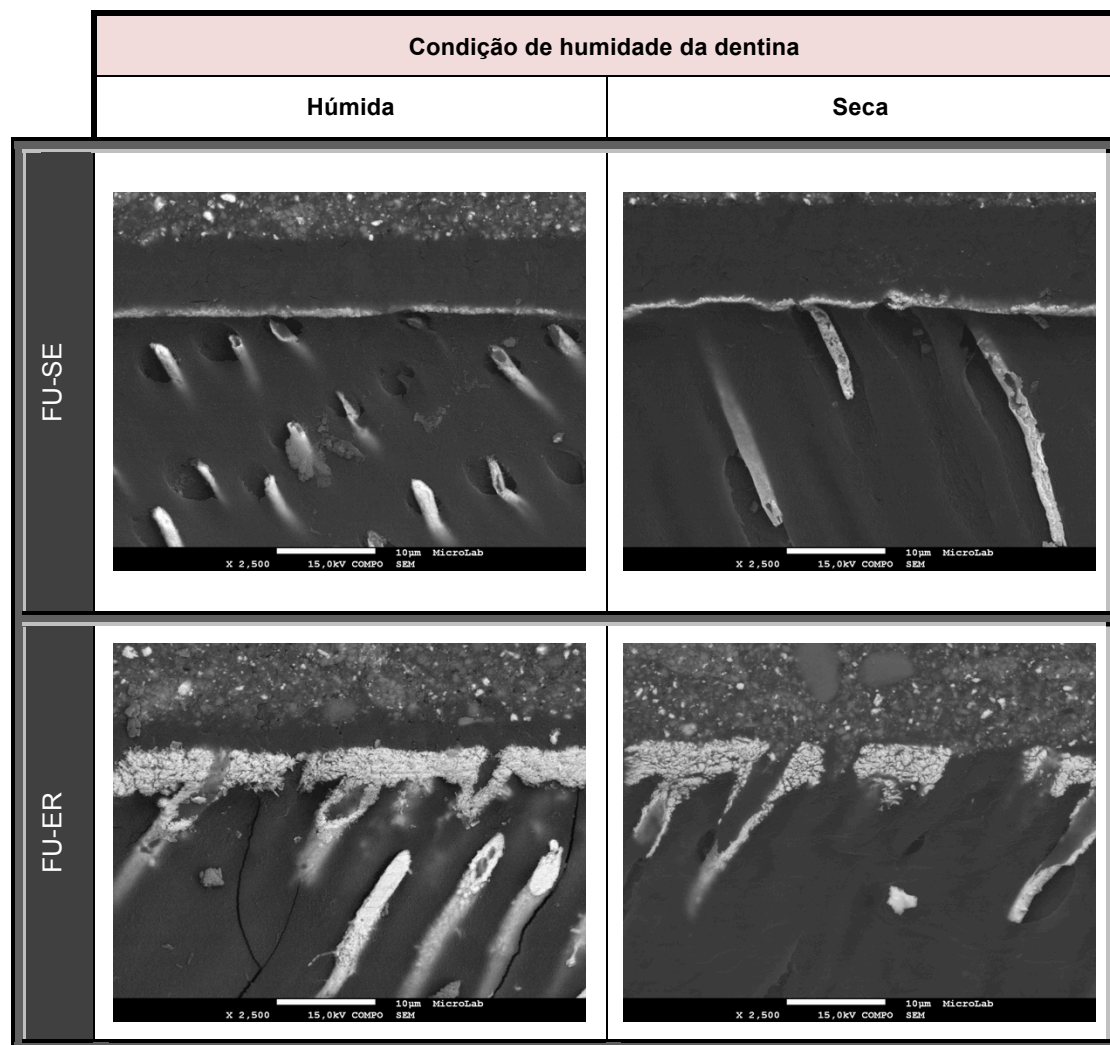


Figura 64 - Imagens de FEG-SEM com detetor de elétrons retrodifundidos representativas da localização dos depósitos de nitrato de prata na interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U**, aplicados segundo estratégia **etch-and-rinse** e **self-etch**, em função da condição de humidade da dentina. As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspeto granular. Ampliações de 2500X.

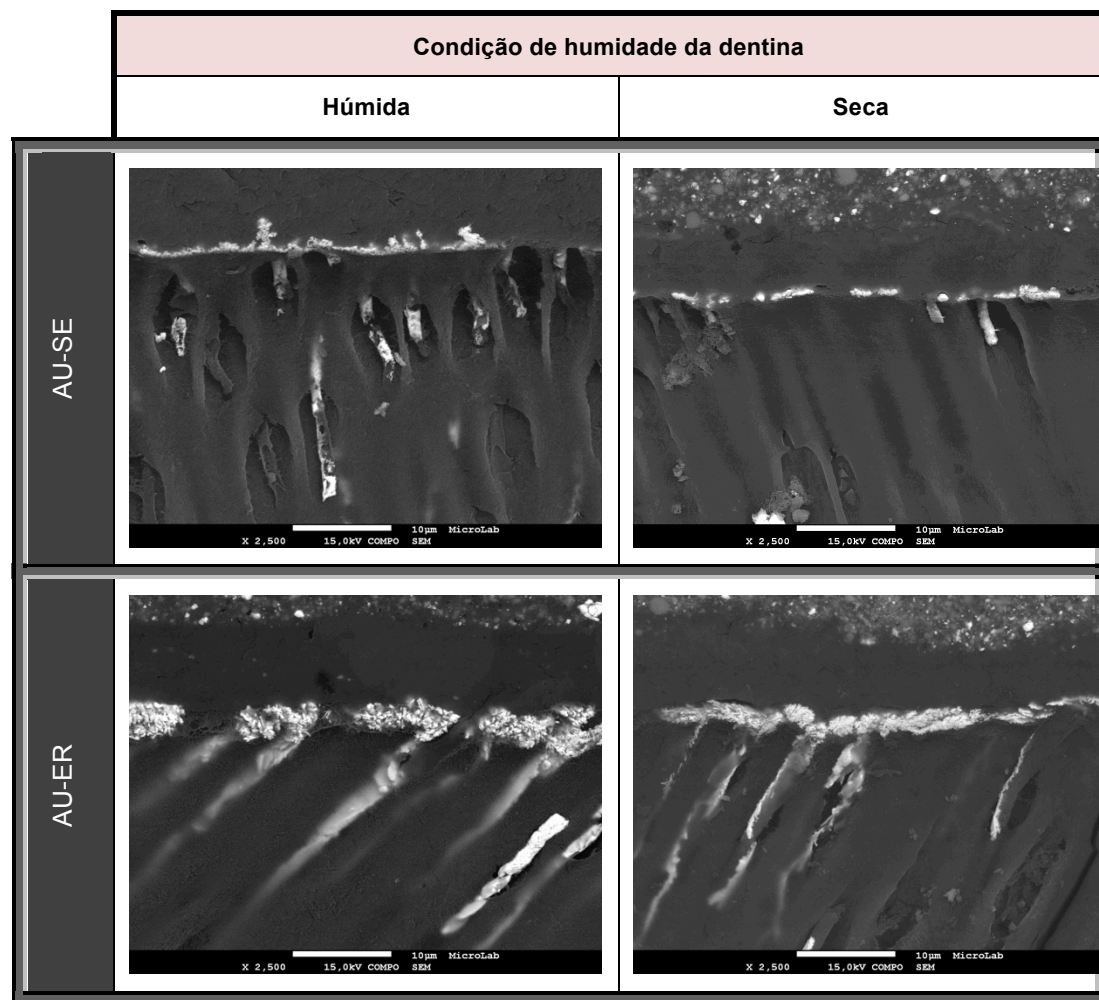


Figura 65 - Imagens de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos representativas da localização dos depósitos de nitrato de prata na interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal**, aplicado segundo estratégia **etch-and-rinse** e **self-etch**, em função da condição de humidade da dentina. As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspeto granular. Ampliações de 2500X.

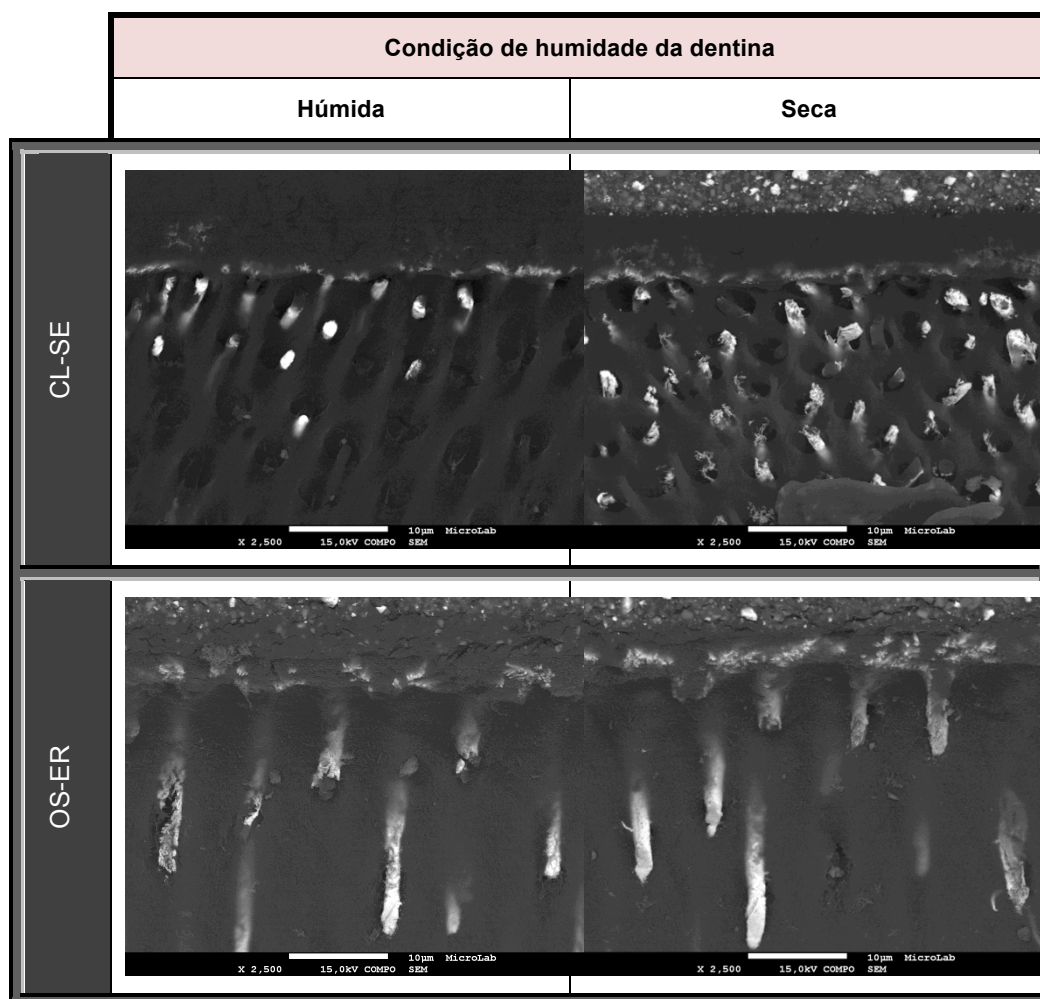


Figura 66 - Imagens representativas da localização dos depósitos de nitrato de prata na interface adesiva formada pelos adesivos **Optibond SOLO Plus** e **Clearfil SE Bond**, aplicados segundo estratégia **etch-and-rinse** e **self-etch**, respetivamente, em função da condição de humidade da dentina. As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspeto granular. Ampliações de 2500X.

O armazenamento dos espécimes em azida sódica durante 6 meses aumentou, de forma geral, os depósitos de prata visíveis por entre a interface adesiva, independentemente da estratégia de adesão utilizada, à exceção do adesivo SU aplicado na sua versão *etch-and-rinse* (figuras 67 a 71).

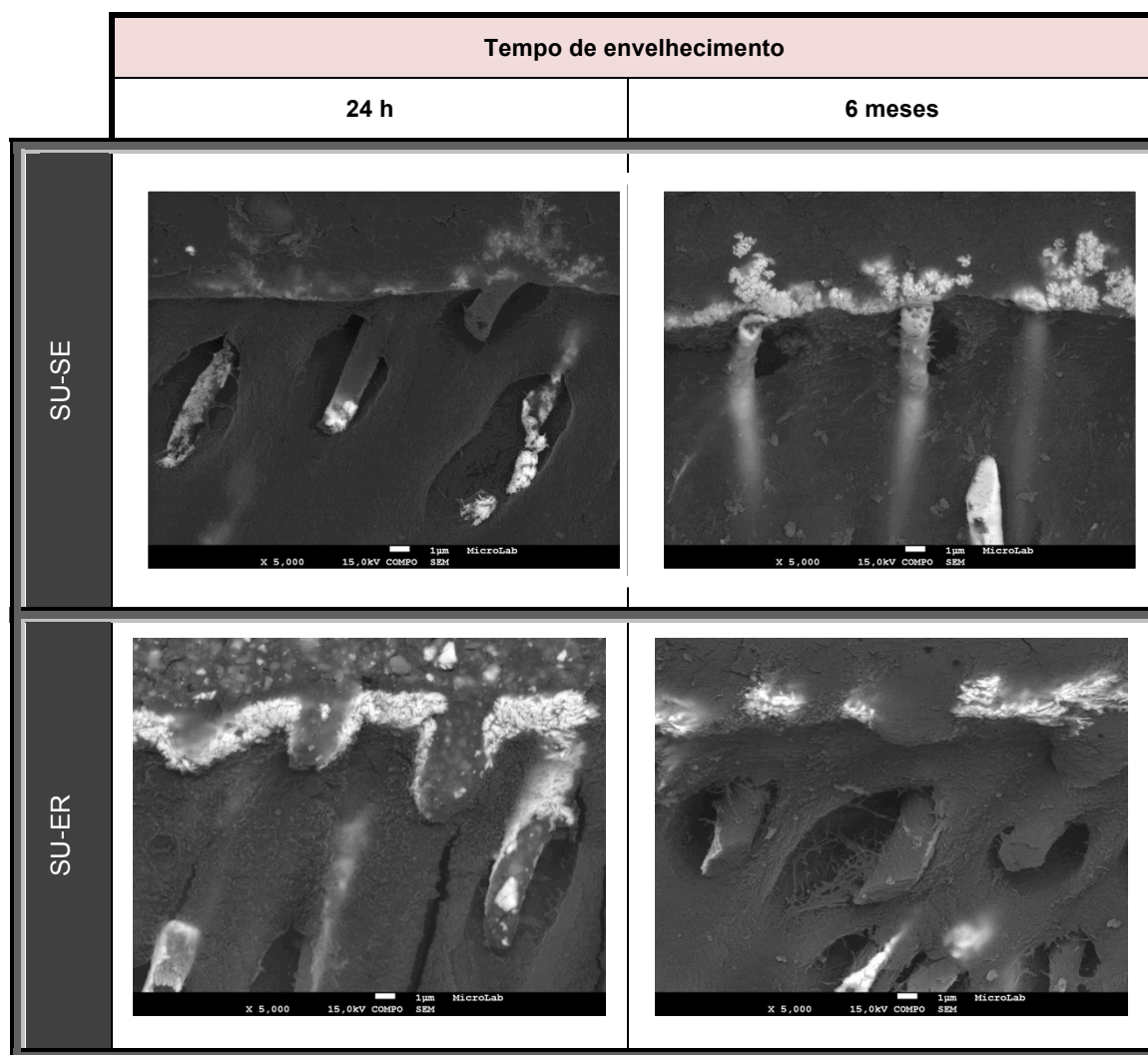


Figura 67 - Imagens de FEG-SEM com detetor de elétrons retrodifundidos representativas do envelhecimento da interface adesiva do adesivo **Scotchbond Universal**, aplicado segundo estratégia **self-etch** e segundo estratégia **etch-and-rinse**. As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspeto granular. Ampliações de 5000X.

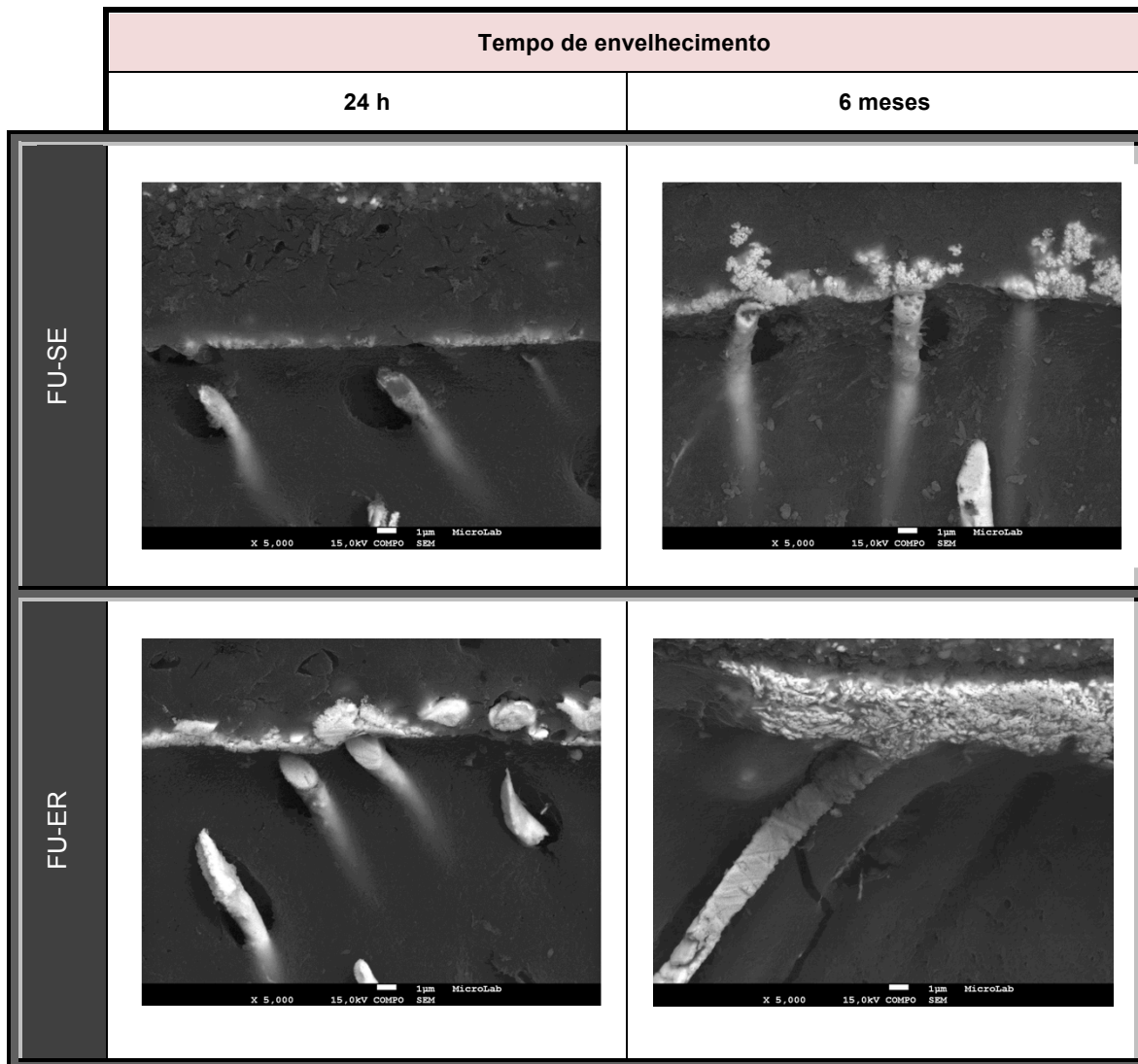


Figura 68 - Imagens de FEG-SEM com detetor de elétrons retrodifundidos representativas do envelhecimento da interface adesiva do adesivo **Futurabond U**, aplicado segundo estratégia **self-etch** e segundo estratégia **etch-and-rinse**. As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspecto granular. Ampliações de 5000X.

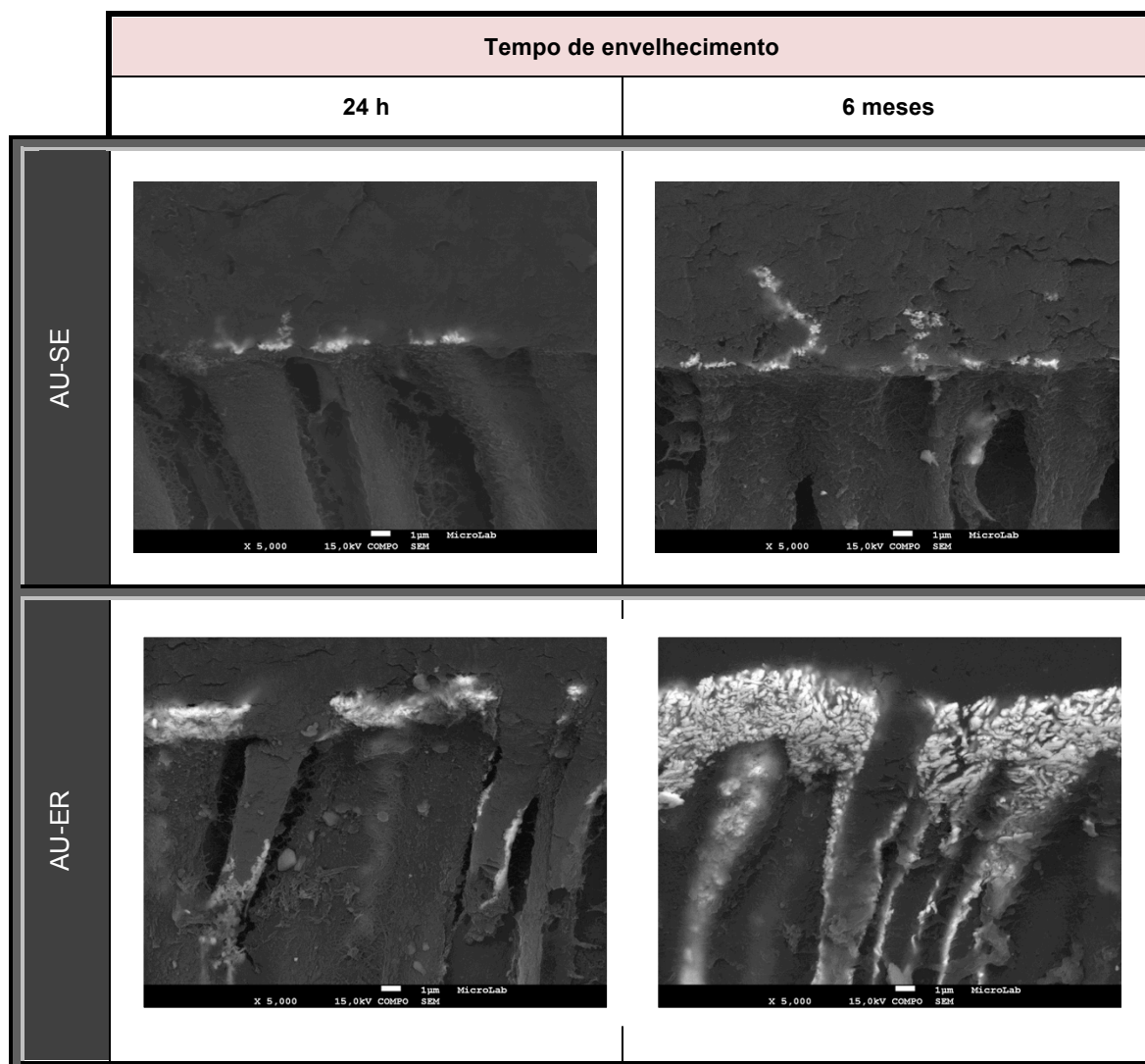


Figura 69 - Imagens de FEG-SEM com detetor de elétrons retrodifundidos representativas do envelhecimento da interface adesiva do adesivo **Adhese Universal**, aplicado segundo estratégia **self-etch** e segundo estratégia **etch-and-rinse**. As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspecto granular. Ampliações de 5000X.

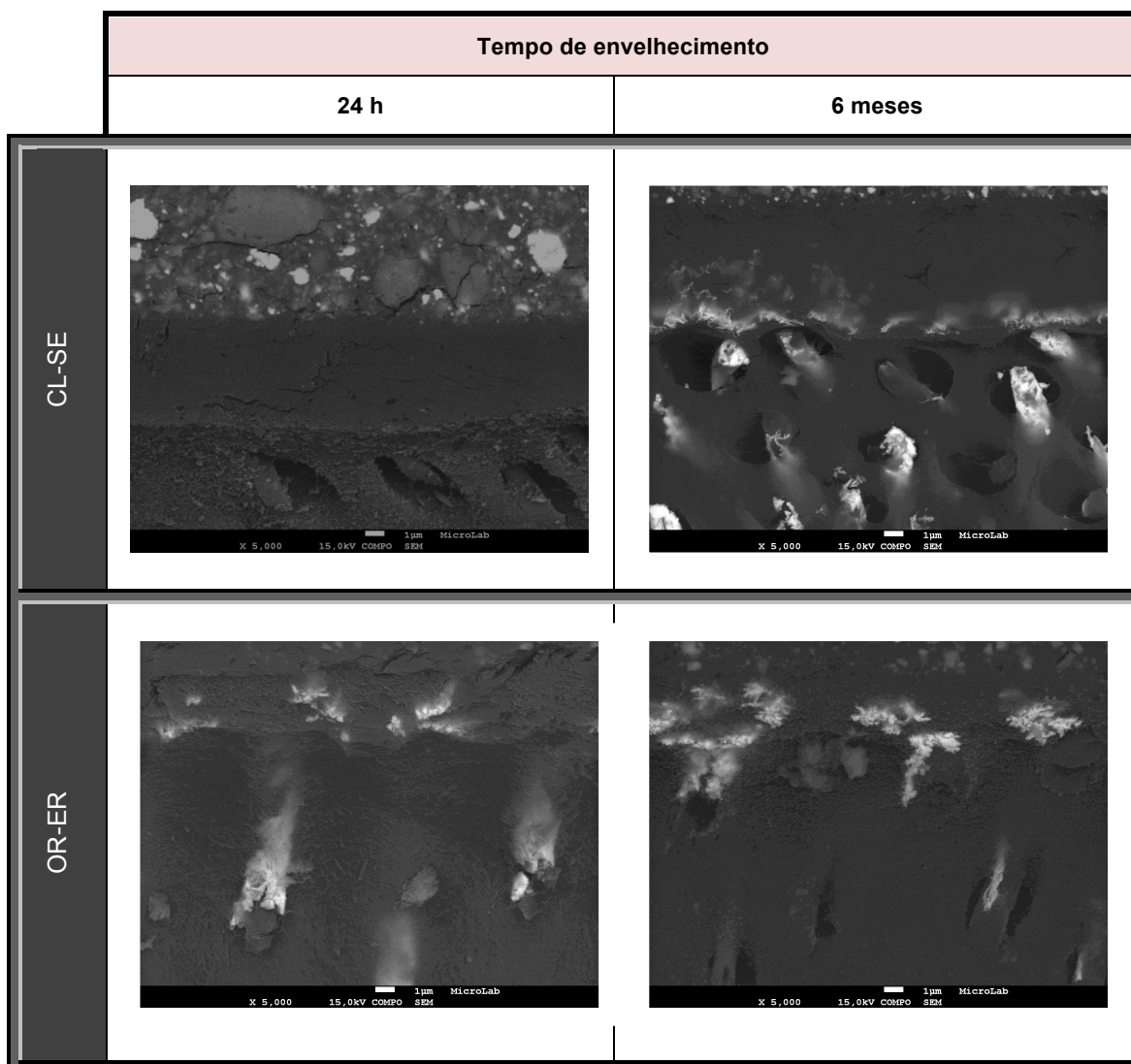


Figura 70 - Imagens de FEG-SEM com detetor de elétrons retrodifundidos representativas do envelhecimento da interface adesiva do adesivo controlo da técnica **self-etch** (CL-SE) e do adesivo controlo da técnica **etch-and-rinse** (OS-ER). As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspeto granular. Ampliações de 5000X.

A delaminação da interface adesiva foi observada em alguns espécimes e de forma frequente associada à presença de depósitos de prata reticulares, no seu interior (figura 71).

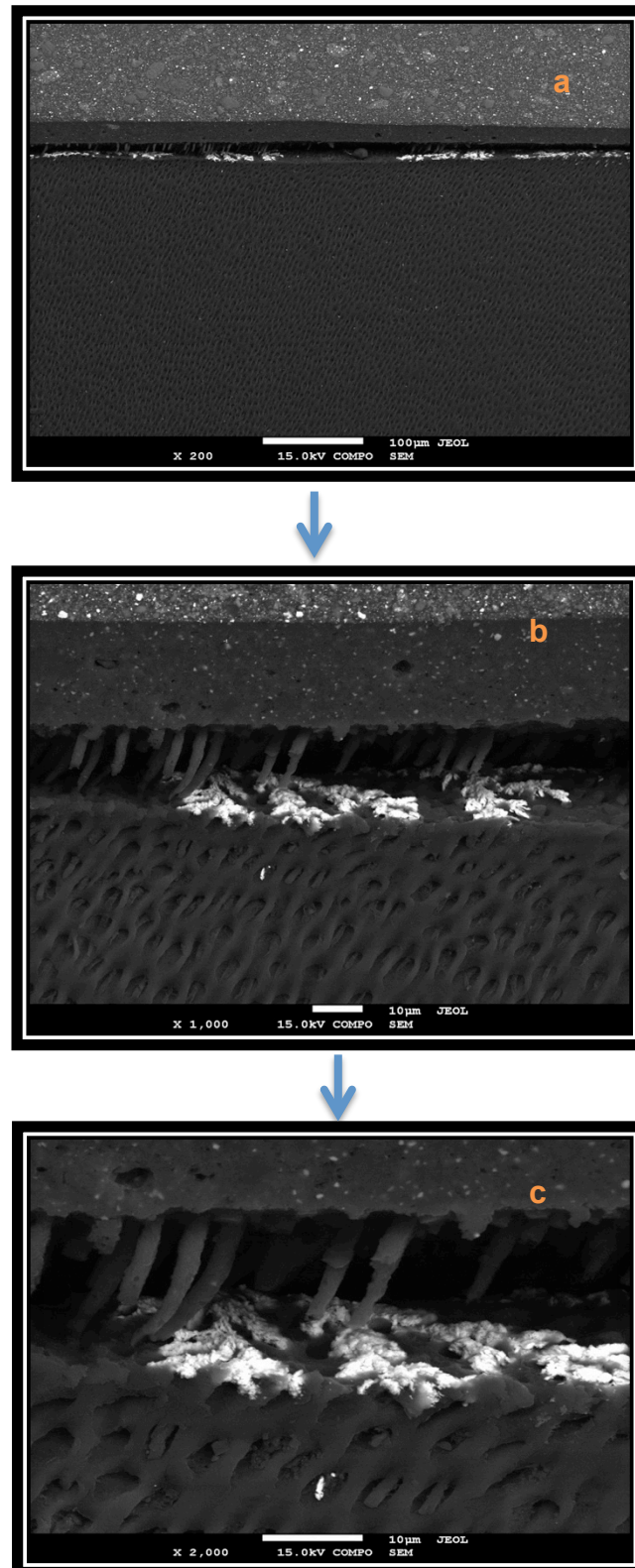


Figura 71 - Imagem de FEG-SEM com detetor de elétrons retrodifundidos que mostra a delaminação da interface adesiva do adesivo **Optibond SOLO Plus** em dentina seca, às **24 h** (a). De notar a presença de depósitos de prata no interior da delaminação. Ampliação de 200X (a), de 1000X (b) e de 2000X (c).

As delaminações foram mais frequentes nos grupos do adesivo FU em dentina seca, independentemente da estratégia de adesão utilizada (figura 72a e 72b) e no grupo do adesivo OS, independentemente da condição de humidade da dentina (figura 73 a e b).

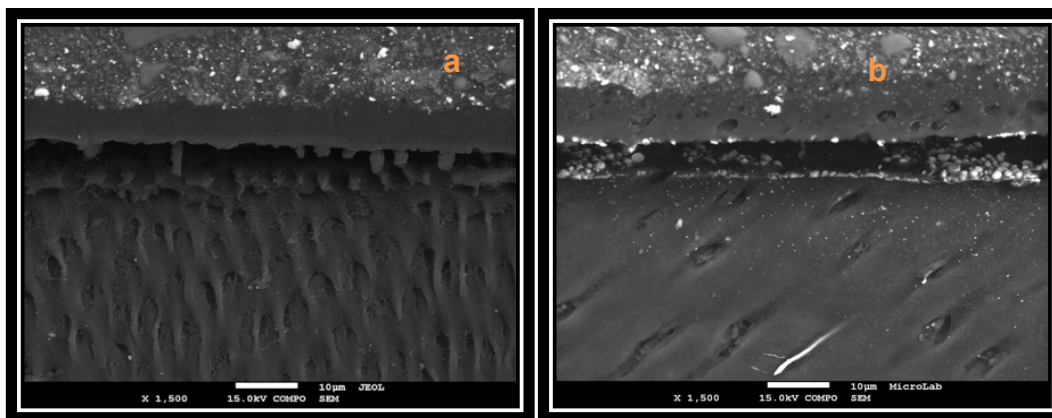


Figura 72 - Imagem de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos que mostra a delaminação da interface adesiva do adesivo **Futurabond U** em **dentina seca**, em estratégia **etch-and-rinse**, às **24 h** (a) e em estratégia **self-etch**, aos **6 meses** (b). Ampliações de 1500X.

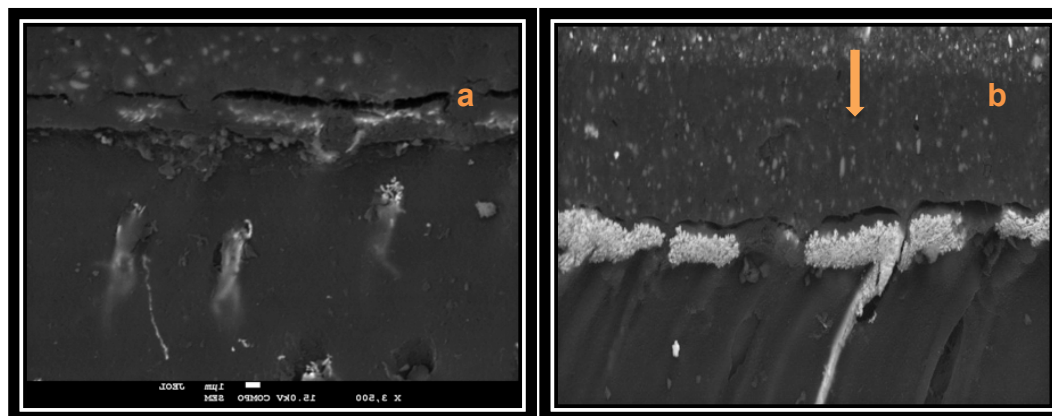


Figura 73 - Imagem de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos que evidencia a delaminação entre a camada adesiva e a camada híbrida do adesivo **Optibond SOLO Plus** em **dentina húmida** (a e b). São também de notar as partículas de carga na espessura da camada adesiva (seta) (b).

O adesivo FU foi o único adesivo em estudo que apresentou de forma consistente poros no interior da sua camada adesiva (figura 74).

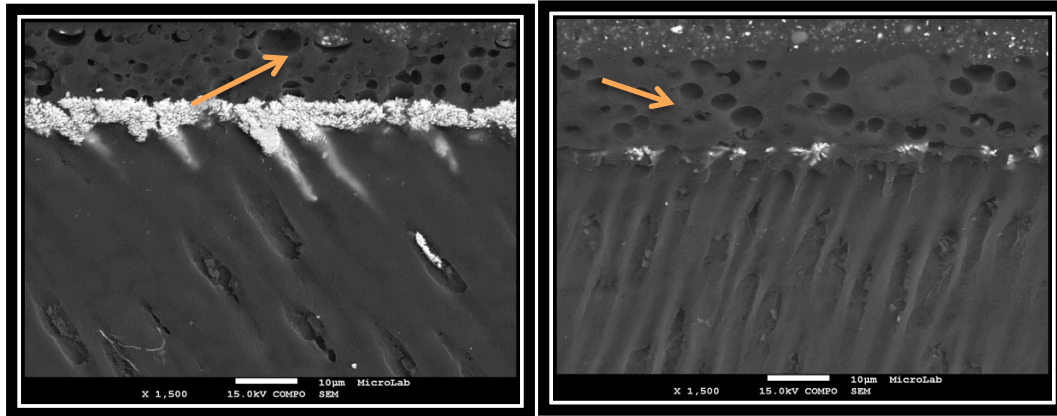


Figura 74 - Imagem de FEG-SEM com detetor de elétrons retrodifundidos da interface adesiva de dois espécimes do adesivo **Futurabond U**, na sua versão **etch-and-rinse** em **dentina seca**, que evidenciam (seta) a presença de nanoporosidades na camada híbrida. Ampliações de 1500X.

Foram encontrados depósitos reticulares, em forma de árvores de água, em alguns espécimes estudados, independentemente da estratégia de adesão utilizada e das condições de dentina estabelecidas (figuras 75 e 76).

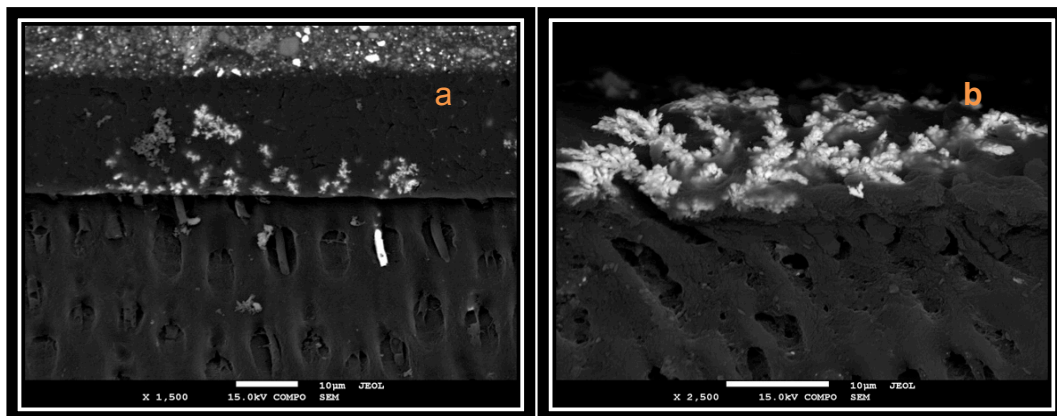


Figura 75 - Manifestação ultramorfologia da permeabilidade da camada adesiva dos adesivos universais **Scotchbond Universal** (a) **Optibond SOLO Plus** (b), aplicados de forma **etch-and-rinse**, em **dentina húmida** com a formação de árvores de água. Ampliações de 1500X (a) e de 2500X (b).

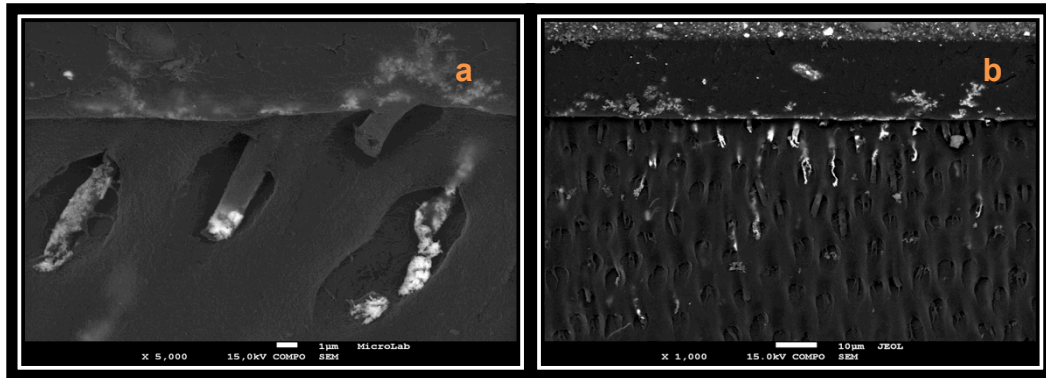


Figura 76 - Imagem de FEG-SEM com detector de elétrons retrodifundidos de parte da interface adesiva do adesivo **Scotchbond Universal** na sua versão *etch-and-rinse* em **dentina húmida** (a) e do adesivo **Scotchbond Universal** na sua versão *etch-and-rinse* em **dentina seca** (b). Ampliações de 5000X (a) e de 1000X (b).

O arrastamento de nitrato de prata sobre a superfície de dentina foi encontrado em alguns espécimes, conforme mostra a figura 77 a e b.

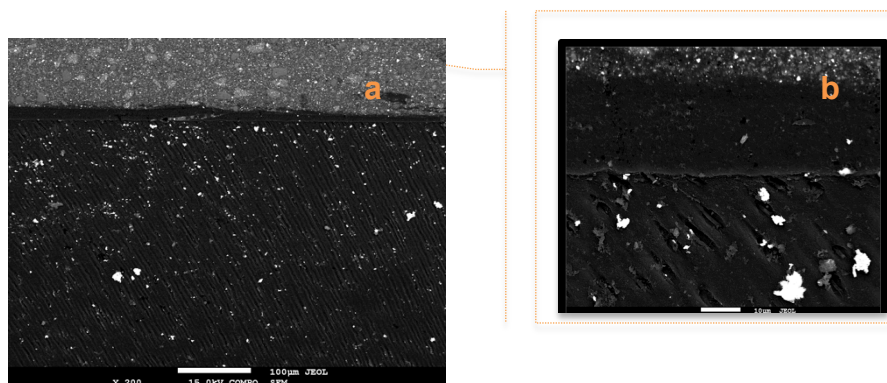


Figura 77 - Arrastamento de nitrato de prata sobre a superfície de dentina (a) Visualização da superficialidade dos depósitos de prata (b).

2.5 Discussão

Com os novos avanços em dentisteria adesiva, a falta de retenção das restaurações e a sua perda precoce deixou de ser frequente (Hickel e Manhart, 2001). Atualmente, a principal causa clínica de insucesso das restaurações, que as leva a serem substituídas, é o deficitário e inconsistente selamento da sua interface com a dentina (Hickel e Manhart, 2001). A falta de selamento permite a entrada de fluidos orais, de microorganismos e dos seus subprodutos que podem conduzir à pigmentação das margens das restaurações, a cáries recorrentes, a patologias da polpa dentária (Fukuda *et al.*, 2003; Yazici *et al.*, 2002) e à degradação da interface adesiva (Reis *et al.*, 2007a).

A premissa de que a água conduz à hidrólise das fibras de colagénio e da resina, envelhecendo a interface adesiva, e o facto dos locais preenchidos por água serem facilmente identificados quando a interface adesiva é observada em microscopia, após infiltração por nitrato de prata, justificaram a utilização da nanoinfiltração no presente estudo.

Por forma a diminuir os efeitos das tensões geradas pela contração de polimerização dos compósitos sobre a interface adesiva, foram utilizados discos de dentina, recobertos por uma fina camada de resina, de cerca de 1 mm (Li *et al.*, 2000a). A resina composta utilizada foi a mesma para todos os grupos em estudo para evitar possíveis efeitos “confundentes” do material restaurador na adesão.

2.5.1 Limitações do estudo de nanoinfiltração

No presente estudo foi utilizada uma solução básica de nitrato de prata - nitrato de prata amoniacal (50% w/v a pH 9,5) em detrimento do nitrato de prata habitualmente usado (50% w/v a pH 3,4). A solução foi alcalinizada com amónio de modo a prevenir a dissolução inadvertida do componente mineral ao longo da interface resina/dentina (Li *et al.*, 2003). Pensa-se que o baixo pH do nitrato de prata pode levar à desmineralização da dentina e criar por ele próprio um caminho entre a interface adesiva. No entanto, segundo Youngson *et al.*

(1998) o pH do nitrato de prata pode não ter um efeito significativo na penetração e deposição de prata na dentina.

Um outro aspeto importante prende-se com o tempo de imersão dos espécimes em nitrato de prata amoniacal. Os espécimes foram imersos durante 24 h, mas a correlação penetração/tempo de exposição poderia não ser a mesma se os tempos de exposição ao corante variassem. Para Sano *et al.* (1995), a exposição durante uma hora permite menos penetração do que períodos de exposição de 24 h.

A preparação dos espécimes para microscopia eletrónica, pode por si só, causar danos na interface adesiva observada. O polimento dos espécimes bem como a sua desidratação ou mesmo o alto vácuo a que são sujeitos durante a sua cobertura ou visualização microscópica, pode culminar no aparecimento de fendas na interface adesiva (Sano *et al.*, 1994c). Estes achados podem explicar, em parte, as zonas de separação dentina/adesivo encontradas no nosso estudo. No entanto, a origem destas fendas pode distinguir-se das verdadeiras fendas interfaciais, resultantes da debilitada ligação do adesivo à dentina, pela sua não associação a depósitos de nitrato de prata (Tay *et al.*, 1995a). Estes resultados estão de acordo com os estudos de Li *et al.* (2002) que mostraram que os procedimentos de secagem para SEM não afetam a nanoinfiltração.

A desidratação dos espécimes durante a preparação dos espécimes pode ainda resultar na contração das fibras de colagénio desmineralizadas e não envolvidas por resina (Carvalho *et al.*, 1996b). Embora qualquer técnica de secagem provoque alguma contração na dentina desmineralizada, Perdigão *et al.* (1995) reportaram que a secagem por ponto crítico e outras técnicas fixativas, como as do presente estudo, criavam menos artefactos para a rede de colagénio exposta do que a secagem com ar.

A técnica para mensuração de nanoinfiltração utiliza espécimes polidos (Drummond *et al.*, 1996). No entanto, existe alguma controvérsia na utilização deste método, uma vez que a seção e o polimento dos espécimes pode provocar um arrastamento de prata na superfície dos espécimes, dando uma

falsa ideia de maior deposição de nitrato de prata (Li *et al.*, 2002). Expor a dentina aderida ao nitrato de prata antes do corte e polimento dos espécimes garante que a prata se deposite em qualquer porosidade existente na camada híbrida. Uma vez nesse lugar, eles aí permanecerão mesmo após secção, polimento e mesmo condicionamento dos espécimes. Se não existirem porosidades entre a camada híbrida, então a prata não será capaz de infiltrá-la (Sano *et al.*, 1995c). Para Li *et al.* (2002), a penetração de prata ao longo da camada híbrida não é só o resultado da adsorção e deposição da prata nas porosidades, mas também a reação da prata com as fibras de colagénio expostas que não foram recobertas pelo *primer* ou adesivo. Desta forma, a limpeza ultrasónica dos espécimes antes de serem cobertos para observação em microscopia, deveria deslocar qualquer partícula de prata não ligada. Ainda assim, foram encontradas partículas de prata na superfície de alguns espécimes.

O microscópio eletrónico de varrimento apresenta algumas limitações no que diz respeito à visualização exata da quantidade de nitrato de prata na interface adesiva e à sua verdadeira localização. Muitas vezes as árvores de água, bem visualizadas em microscopia eletrónica de transmissão (Stepp *et al.*, 1996), aparecem, em SEM, apenas como canais submicroscópicos, não conectados, uma vez que as faixas de canais de água colapsam durante a desidratação dos espécimes. Daí que seja importante selecionar a técnica de secagem e desidratação que menos efeito terá no colapso destas faixas, como a imersão dos espécimes em HMDS, utilizada no presente trabalho.

2.5.2 Influência da combinação adesivo/estratégia de adesão na expressão da nanoinfiltração

A análise das observações obtidas para todos os grupos de estudo permitiu verificar que, quando os adesivos universais Scotchbond Universal e Adhese Universal, são aplicados após condicionamento da dentina com ácido fosfórico, a percentagem de interface adesiva infiltrada por nitrato de prata é significativamente maior do que a encontrada quando os adesivos são

aplicados de forma *self-etch*. Tal facto foi observado, quer quando os adesivos foram avaliados às 24 h, quer quando a nanoinfiltração foi mensurada após 6 meses de envelhecimento artificial dos espécimes. Do mesmo modo, foram também observados valores de nanoinfiltração significativamente maiores para o adesivo Optibond SOLO Plus quando comparado com o adesivo Clearfil SE Bond, ambos utilizados como controlos das estratégias de adesão em estudo. Para o adesivo Futurabond U, a estratégia *etch-and-rinse* apresentou valores de interface adesiva infiltrada por nitrato de prata significativamente mais elevados face à estratégia *self-etch* apenas após 6 meses de envelhecimento, apesar de se poder admitir essa tendência logo na avaliação às 24 h.

Pelo exposto, devemos rejeitar a primeira hipótese nula deste estudo, dado que a combinação adesivo/estratégia de adesão influencia a expressão de nanoinfiltração da interface adesiva promovida pelos adesivos universais em estudo, mesmo que para o adesivo Futurabond U, a afirmação apenas seja válida na avaliação dos 6 meses.

Apesar de ainda escassos, outros estudos laboratoriais encontraram para alguns adesivos universais resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho. Marchesi *et al.* (2014) observaram que o adesivo Scotchbond Universal apresentou significativamente menos nanoinfiltração quando aplicado na sua versão *self-etch*, o mesmo se verificando no estudo de Muñoz *et al.* (2013) para o adesivo All-Bond Universal, cujo pH é muito semelhante ao do adesivo Scotchbond Universal (pH=3). A mesma associação entre a estratégia de adesão e a nanoinfiltração para os adesivos G-Bond e All-Bond Universal voltou a ser encontrada por Munoz em 2014. Luque-Martinez *et al.* (2014) compararam a percentagem de nanoinfiltração na interface adesiva de três adesivos universais [Scotchbond Universal, All-Bond Universal e Prime&Bond Elect (Dentsply Caulk, Milford, DE, EUA)], cujo solvente foi evaporado por três períodos de tempo diferentes e verificaram que, independentemente do tempo de evaporação do solvente, todos os adesivos apresentaram mais nanoinfiltração quando aplicados na sua versão *etch-and-rinse*, o que mais uma vez corrobora os resultados deste trabalho.

Quando os adesivos são aplicados segundo estratégia *etch-and-rinse*, o ácido fosfórico remove o conteúdo mineral da superfície e subsuperfície da dentina, numa profundidade maior do que aquela que a resina adesiva é capaz de infiltrar (Van Meerbeek *et al.*, 2011). Esta discrepância entre a profundidade de desmineralização do ácido fosfórico e a profundidade de infiltração por resina, cria um gradiente descendente de resina ao longo da dentina, já corroborado por estudos de microspetroscopia confocal de Raman (Wang e Spencer, 2002) que resulta na infiltração tridimensional de nitrato de prata (Sano *et al.*, 1995a) e pode justificar a maior nanoinfiltração associada à técnica *etch-and-rinse* no presente trabalho. A presença de partículas de carga na composição dos adesivos em estudo pode ter contribuído para reduzir ainda mais a penetração do adesivo pela dentina, por aumentar a viscosidade da solução (Tay *et al.*, 2004d).

Pensa-se que o tempo de aplicação dos adesivos (geralmente 20 s) possa não ser suficiente para garantir uma boa penetração da dentina em profundidade (Toledano *et al.*, 2007c) e, como tal, maiores tempos de aplicação do adesivo deveriam ser preconizados.

Já para os adesivos universais aplicados de forma *self-etch*, do mesmo modo que para os adesivos *self-etch* convencionais, é vulgarmente aceite que a profundidade de desmineralização é pequena e que a desmineralização da dentina e a sua infiltração por monómeros de resina ocorre simultaneamente, pelo que a presença de poros e de nanoinfiltração se encontra reduzida (Guzman-Armstrong *et al.*, 2003; Tay *et al.*, 2002a). Todavia, a infiltração da dentina pode não ser tridimensionalmente perfeita e resultar na presença de prata no interior da camada híbrida (Pioch *et al.*, 2001; Tay *et al.*, 2004b), o que traduz a existência de nanoporosidades no seu interior (Sano *et al.*, 1995a) e a presença de nanoinfiltração no presente estudo.

Segundo alguns autores, o facto dos adesivos serem aplicados sobre a dentina de forma ativa, com movimentos enérgicos, pode facilitar a sua penetração na dentina desmineralizada, reduzindo a probabilidade do colagénio não ficar envolvido (Li *et al.*, 2002). No entanto, para Ding *et al.* (2009), a aplicação do

adesivo com agitação não diminui a nanoinfiltração. A agitação pode potenciar a formação de polímeros inter cruzados mas a natureza dos monómeros que constituem esses polímeros não é alterada. Isto significa que os polímeros continuam a conter domínios hidrofílicos capazes de se ligar à água e consequentemente a formar depósitos de nitrato de prata em condições experimentais (do Amaral *et al.*, 2010). Aliás, para Li *et al.* (2000a), a aplicação ativa dos adesivos pode introduzir bolhas de ar na camada de adesivo e consequentemente prejudicar a sua polimerização com o previsível aumento da nanoinfiltração.

Um outro aspeto que pode justificar de forma consistente a diferença entre a expressão da nanoinfiltração encontrada entre as duas estratégias de adesão é a ligação química à dentina por parte destes adesivos universais. Quando os adesivos universais são aplicados de forma *self-etch*, a hidroxiapatite não é totalmente dissolvida. A ligação adicional monómero/hidroxiapatite formada em redor do colagénio e a deposição dos sais de cálcio em nanocamadas, nos adesivos que possuem MDP, pode resultar num contacto mais íntimo entre a dentina e o adesivo (Inoue *et al.*, 2005; Yoshida *et al.*, 2012b; Yoshihara *et al.*, 2010) e por conseguinte num maior selamento da interface e menores percentagens de interface adesiva com nanoinfiltração. A ausência de MDP na formulação do adesivo Futurabond U e, por conseguinte, a sua ligação menos efetiva à hidroxiapatite da dentina pode justificar a proximidade na percentagem de nanoinfiltração entre as suas duas estratégias adesivas às 24 h, cuja expressão de nanoinfiltração não foi significativamente diferente.

Embora não tenham sido encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes adesivos aplicados segundo a mesma estratégia de adesão, os adesivos Scotchbond Universal e Futurabond U foram os adesivos que, quando aplicados de forma *self-etch*, apresentaram as percentagens de interface adesiva infiltradas por prata tendencialmente mais elevadas. Prova disso, é que foram os únicos adesivos que às 24 h de avaliação apresentaram valores de nanoinfiltração semelhantes aos encontrados na estratégia *etch-and-rinse* dos adesivos Adhese Universal, Futurabond U e Optibond SOLO Plus, considerada a estratégia com valores mais altos de nanoinfiltração.

No que diz respeito ao adesivo Futurabond U, estes resultados podem dever-se essencialmente à pobre ligação química à dentina, comparada com ligação iónica dos adesivos com MDP. O adesivo Scotchbond Universal, para além de MDP possui também ácido polialquenóico e grandes quantidades de HEMA na sua formulação. Quer o HEMA, quer o ácido polialquenóico parecem inibir o mecanismo químico de adesão por nanocamadas associado à molécula de MDP, uma vez que com ela competem pela ligação ao cálcio da hidroxiapáite (Yoshihara *et al.*, 2011a). Para além do mais, pensa-se que este copolímero não se dissolve na solução do adesivo, formando uma fase separada que produz glóbulos dentro da camada adesiva (Van Landuyt *et al.*, 2007b). Dado o seu elevado peso molecular, o polímero é muitas vezes filtrado fora da rede de colagénio e depositado como um gel distinto, sobre a rede de colagénio exposta (Eliades *et al.*, 2001; Van Meerbeek *et al.*, 1996). Em casos extremos o gel pode mesmo retardar a adequada interdifusão da resina no colagénio, ficando o colagénio impregnado com monómeros de baixo peso molecular como o HEMA e água residual, insuficientemente removida. O alto peso molecular do copolímero pode mesmo afastar os monómeros polimerizáveis e diminuir a formação de ligações cruzadas do polímero, diminuindo o grau de conversão dos monómeros do adesivo e aumentando as áreas de polímero não polimerizado (Muñoz *et al.*, 2013). Estes aspetos podem também justificar a maior nanoinfiltração encontrada quando o adesivo Scotchbond Universal foi utilizado após pré-condicionamento da dentina, face aos outros adesivos utilizados segundo a mesma estratégia de adesão, embora a diferença não se tenha revelado estatisticamente significativa.

No presente trabalho não foram encontradas diferenças significativas entre os adesivos universais e os adesivos controlo de cada uma das técnicas adesivas. Foram, no entanto, encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os dois adesivos controlos utilizados no estudo. O adesivo Optibond SOLO Plus apresentou significativamente mais nanoinfiltração do que o adesivo controlo da técnica adesiva *self-etch*, o adesivo Clearfil SE Bond. O adesivo Optibond SOLO Plus apresenta, do mesmo modo que os adesivos universais aplicados segundo estratégia *etch-and-rinse*, depósitos de prata na base da

camada híbrida, como resultado da discrepância entre a desmineralização da dentina e da sua penetração por resina. Este adesivo particulado apresenta, para além das partículas de sílica de cerca de 40 nm de diâmetro, partículas de vidro com uma tamanho médio de 600 nm. O tamanho das partículas de vidro não é compatível com as porosidades resultantes do ataque ácido da dentina, de cerca de 20 a 30 nm em redor das fibras colagénias e de 40 a 50 nm na dentina superficial (Pashley *et al.*, 1993). Assim, o elevado peso molecular destas partículas parece obliterar o caminho para a difusão dos monómeros de resina de baixo peso molecular, que se depositarão na dentina desmineralizada, segundo um gradiente descendente de concentração (Li *et al.*, 2000b; Pioch *et al.*, 1998). Para além do mais, o adesivo Clearfil SE Bond, é coberto por uma camada de resina hidrofóbica e apresenta uma efetiva ligação química à dentina para além da sua retenção micromecânica a esse substrato.

Do mesmo modo que, para as versões simplificadas anteriores (Li *et al.*, 2002; Sohn *et al.*, 2008; Suppa *et al.*, 2005; Tay *et al.*, 2002a; Van Meerbeek *et al.*, 1998c), os resultados deste trabalho laboratorial mostram que também estes adesivos universais, falham no adequado selamento da dentina. Embora a estratégia *etch-and-rinse* tenha sido associada a maiores percentagens de interface nanoinfiltrada, também foram encontrados depósitos de prata na interface adesiva dos espécimes aplicados de forma *self-etch*, demonstrando que a deposição de nitrato de prata, não se deve apenas às nanoporosidades entre a região desmineralizada e infiltrada pela resina, mas também à presença de domínios de água, sejam eles resultado da incorreta evaporação do solvente, da incorreta substituição da água da dentina pelos monómeros de resina, da presença de domínios hidrofílicos na matriz de resina, da ocorrência de separação de fases dos constituintes dos adesivos (Li *et al.*, 2000a; Perdigão *et al.*, 2011) ou da presença de áreas incompleta conversão de monómeros (Sano, 2006). Quando estes adesivos são utilizados com pré-condicionamento ácido da dentina, há maior dificuldade em evaporar o solvente e/ou água da região mais profunda da dentina desmineralizada, e em

polimerizar de forma eficaz o adesivo, o que poderá agravar ainda mais a nanoinfiltração (Guzman-Armstrong *et al.*, 2003).

2.5.3 Influência da condição de humidade da dentina na expressão da nanoinfiltração

Não foram encontradas diferenças significativas na expressão da nanoinfiltração da interface adesiva dos sistemas adesivos aplicados em dentina húmida e em dentina seca, para nenhuma das estratégias de adesão e em nenhuma das janelas temporais avaliadas. Assim, não é possível rejeitar a segunda hipótese nula deste estudo.

Perdigão *et al.* (2014a) e Loguercio *et al.* (2015a) avaliaram o desempenho clínico do adesivo Scotchbond Universal, em lesões cervicais não cariosas por 18 e 36 meses respetivamente, e não encontraram diferenças significativas na pigmentação e na desadaptação marginal das restaurações aderidas, após condicionamento ácido, quando a dentina foi deixada húmida ou seca.

Os adesivos universais quando aplicados após condicionamento ácido da dentina, transformam-se em adesivos *etch-and-rinse* de dois passos pelo que se poderia esperar que o seu desempenho fosse sensível à humidade do substrato para adesão. Para estes adesivos *etch-and-rinse* simplificados, quando o agente ácido é lavado, a dentina deveria ser mantida húmida, de modo a que as fibras de colagénio não colapsem (Gwinnett, 1992; Kanca, 1992a; c; Pashley *et al.*, 1993). Estudos recentes mostraram que, se o colagénio colapsar durante ou depois da secagem da dentina, os monómeros de resina não penetram cerca de metade das fibras de colagénio desmineralizadas (Spencer e Wang, 2002; Wieliczka *et al.*, 1997) deixando uma área não hibridizada suscetível à nanoinfiltração.

No entanto, apesar de poderem ser aplicados após condicionamento da dentina, os adesivos universais continuam a ser adesivos *self-etch* simplificados e como tal possuem, em geral, maiores quantidades de água e monómeros hidrofílicos, como HEMA, na sua composição. Assim, mesmo após secagem da dentina, estes adesivos possuem a capacidade de reidratá-la,

tornando-a de novo permeável à infiltração dos monómeros de resina (Tay *et al.*, 1996g). Esta parece ser a explicação para a pobre influência da secagem da dentina na expressão da nanoinfiltração dos adesivos universais aplicados segundo esta estratégia de adesão. O adesivo Futurabond U não possui água na sua formulação, mas apresenta maiores quantidades de HEMA, que promovem a reidratação dentinária por se ligar às fibras colagênicas por pontes de hidrogénio (Maciel *et al.*, 1996; Nakabayashi *et al.*, 1992).

No outro extremo, quando a dentina é mantida húmida após lavagem do agente condicionador, as fibras de colagénio mantêm-se expandidas e seria de esperar que a penetração dos monómeros fosse mais eficiente, resultando numa menor infiltração de prata. Contudo, a presença de nanoinfiltração nesta condição húmida pode ser o resultado do aprisionamento de alguma água residual ou solvente no interior da dentina desmineralizada. Se, por um lado, quer os adesivos universais, quer o adesivo Optibond SOLO Plus são adesivos à base de etanol que, por se ligarem por pontes de hidrogénio à água da dentina, ajudam na sua eliminação quando o solvente é evaporado com ar (Cardoso *et al.*, 2011; Perdigão e Frankenberger, 2001), os mesmos adesivos possuem também água e/ou HEMA, que aumentam a presença de água na dentina e diminuem a sua pressão de vapor, diminuindo por conseguinte a sua evaporação e levando a que água residual fique retida na dentina após polimerização. A presença de água residual pode diluir os monómeros de resina e diminuir o seu grau de conversão, comprometendo a polimerização do adesivo e consequentemente resultar numa camada híbrida porosa penetrada por nitrato de prata (Pashley *et al.*, 1998; Van Landuyt *et al.*, 2005; Van Landuyt *et al.*, 2007b).

Mesmo em situações de humidade ideal da dentina, a infiltração completa da resina pela região desmineralizada nunca se dá, quando os adesivos são aplicados segundo recomendações do fabricante. O tempo de aplicação é curto e possivelmente seria necessária a aplicação de mais do que uma camada de adesivo para que a dentina infiltrasse melhor. A aplicação consecutiva de camadas remove mais água e a infiltração de resina na dentina desmineralizada é maior (Toledano *et al.*, 2007c). Todavia, para Taschner *et al.*

(2014) a dupla aplicação de adesivo pode resultar na desmineralização excessiva do substrato dentinário, por aumento do tempo de aplicação e renovação dos monómeros acídicos sobre a superfície dentária, conduzindo a um maior número de fibras de colagénio desmineralizadas e não infiltradas e por conseguinte a uma maior infiltração por nitrato de prata (Li *et al.*, 2002; Suppa *et al.*, 2005).

Embora a avaliação imediata (24 h) do adesivo Optibond SOLO Plus evidencie valores tendencialmente maiores de nanoinfiltração quando a dentina é seca antes da aplicação do adesivo, não foi possível provar esta diferença em termos estatísticos. Esta semelhança estatística pode dever-se à composição química do adesivo e ao modo como foi aplicado sobre a dentina. O adesivo Optibond SOLO Plus apresenta elevadas concentrações de HEMA. A presença de HEMA, como discutido anteriormente, permite a reidratação da dentina colapsada pois consegue separar e estabilizar as fibras de colagénio (Maciel *et al.*, 1996; Nakabayashi *et al.*, 1992). O facto do adesivo Optibond SOLO Plus ter sido aplicado com agitação, do mesmo modo que para os outros adesivos universais em estudo, pode ter contribuído para diminuir a sensibilidade dos adesivos à humidade da dentina (Dal-Bianco *et al.*, 2006). Segundo Reis *et al.* (2007b), a aplicação ativa do adesivo é mais importante do que a quantidade de humidade deixada sobre a dentina. A aplicação ativa dos monómeros ajuda a evaporar a água da dentina húmida e o solvente do adesivo e, da mesma forma, ajuda à infiltração dos monómeros quando a dentina é seca e o colagénio sofreu algum colapso (Dal-Bianco *et al.*, 2006).

Embora as condições de humidade da dentina testadas no presente estudo não tenham influenciado de forma significativa as percentagens de nanoinfiltração do adesivo *etch-and-rinse* de dois passos Optibond SOLO, alguns estudos revelam valores de nanoinfiltração maiores quando a dentina é seca após lavagem do ácido (Duarte *et al.*, 2006), de igual modo ao observado com outros adesivos *etch-and-rinse* de dois passos. Reis *et al.* (2007a) encontraram menor nanoinfiltração quando os adesivos *etch-and-rinse* de dois passos, Single Bond (3M, ESPE) e One-Step (Bisco, Inc.) foram aplicados sobre uma dentina húmida (dentina seca e reidratada com 2,5 µl de água),

quando comparados com os valores encontrados em dentina seca. A razão prende-se com a diminuição da infiltração da resina dado que o colagénio seco colapsa.

À semelhança do que acontece nos adesivos *self-etch* convencionais, quando os adesivos universais são aplicados sobre a dentina na sua forma simplificada, isto é, sem aplicação prévia de ácido, não é necessário que o substrato se encontre húmido, uma vez que esta estratégia adesiva desmineraliza e infiltra de forma simultânea e equilibrada a dentina.

No entanto, o efeito da humidade da dentina, na adesão dos adesivos universais já por si hidratados, aplicados segundo estratégia de adesão *self-etch* não está ainda descrito na literatura.

Segundo Chen *et al.* (2015) como os adesivos *self-etch* desmineralizam e logo infiltram a dentina, as zonas ricas em água, não conseguem ser eliminadas e manifestam-se como depósitos de nanoinfiltração, quando utilizados corantes de prata. Preconizar a adesão húmida nestes sistemas poderia agravar a retenção de água residual aprisionada (Faria *et al.*, 2009). A água residual, por sua vez, pode comprometer a infiltração dos monómeros na *smear layer* e na dentina superficial desmineralizada (Hashimoto *et al.*, 2008; Tay *et al.*, 1996g), e inibir a polimerização ou favorecer a separação de fases dos constituintes, em especial em adesivos com pouco HEMA. Nos adesivos ricos em HEMA pode levar à formação de hidrogéis de poli-HEMA que ficam aprisionados na camada de adesivo e na camada híbrida (Li *et al.*, 2001; Reis *et al.*, 2004a; Spencer e Wang, 2002; Tay *et al.*, 2004a), conduzindo a um aumento da nanoinfiltração. Além do mais, é possível que a associação da água aos monómeros hidrofílicos por ligações de hidrogénio, dificulte a sua evaporação completa (Tay *et al.*, 2004b).

Apesar das considerações anteriores, os adesivos com solventes à base de água e/ou etanol utilizados neste estudo e aplicados na sua versão *self-etch*, não mostraram diferenças significativas de nanoinfiltração em dentina seca e molhada, o que significa que na dentina seca a água do adesivo é suficiente para reidratar a dentina. Na dentina húmida, os adesivos são suficientemente

capazes de deslocar a água. A aplicação ativa dos adesivos, do mesmo modo do que verificado para a estratégia *etch-and-rinse* pode também ter ajudado na evaporação da água deixada sobre a dentina (Dal-Bianco *et al.*, 2006).

Os resultados obtidos devem ser interpretados face às condições de humidade de dentina estabelecidas no presente trabalho. Variações mais extremas, no sentido de uma maior secagem ou de uma maior hidratação da dentina, poderiam resultar em observações diferentes.

Marchesi *et al.* (2014a) verificaram que, após condicionamento ácido, quando o adesivo Scotchbond Universal era aplicado sobre uma dentina seca apresentava nanoinfiltração significativamente mais baixa do que quando a dentina era mantida húmida. No entanto, a condição de dentina húmida definida na referida publicação (dentina seca apenas por 5 s), corresponde à condição de dentina seca do presente trabalho. Por esse motivo, os estudos não podem ser diretamente comparados entre si, no que diz respeito à influência da humidade da dentina na expressão de nanoinfiltração. Poder-se-á talvez especular que a presença de água residual intrínseca na dentina pode afetar o selamento do adesivo Scotchbond Universal aplicado após condicionamento ácido. O conteúdo de 10 a 15% de solventes etanol e água deste adesivo poderá ser benéfico por assegurar uma expansão eficaz do colagénio colapsado, contudo dependendo da intensidade de secagem utilizada.

Segundo recomendação do fabricante, o adesivo *self-etch* de dois passos Clearfil SE Bond deve ser aplicado em dentina seca. Como adesivo *self-etch* à base de água que é, não precisa de ser aplicado sobre a dentina húmida. No presente estudo, no entanto, as condições de humidade da dentina definidas, não se refletem num aumento de nanoinfiltração. A justificação pode passar pela influência positiva da aplicação da camada hidrofóbica, que constitui o último passo do seu processo adesivo e que torna o adesivo menos hidrofílico e aumenta o grau de conversão dos seus monómeros (Perdigão *et al.*, 2004; Perdigão *et al.*, 2005a) Por outro lado, a reduzida concentração em HEMA, poderá minimizar a retenção de água (Pashley *et al.*, 1998; Van Landuyt *et al.*,

2005; Van Landuyt *et al.*, 2007b), cuja evaporação pode ser promovida de uma forma mais eficaz quando o *primer* é seco com ar (Pashley *et al.*, 1998; Paul *et al.*, 1999a).

2.5.4 Influência do tempo de envelhecimento na expressão da nanoinfiltração

Procurou-se com este trabalho laboratorial avaliar a expressão da nanoinfiltração na interface adesiva após 6 meses de armazenamento artificial porque se supõe que, do mesmo modo que o encontrado para sistemas adesivos anteriores, ocorre deterioração da interface adesiva ao longo do tempo, por um processo de sorção de água, entre as nanoporosidades da interface adesiva (Sano *et al.*, 1994c; Sano *et al.*, 1995a). Esta deterioração poderá culminar na perda de material resinoso, bem como na eluição das fibras de colagénio degradadas (Hashimoto *et al.*, 2000).

No presente estudo, 6 meses de armazenamento numa solução aquosa de azida sódica foram suficientes para que a interface adesiva de todos os adesivos em estudo apresentasse valores de nanoinfiltração maiores do que os observados às 24 h, independentemente da estratégia de adesão utilizada e da condição de humidade definida, o que corrobora a ideia de que a interface adesiva se degrada ao longo do tempo, quando os espécimes são armazenados em soluções aquosas. No entanto, contrariamente aos outros adesivos em estudo, para o adesivo Scotchbond Universal esse aumento não foi significativo para nenhuma das estratégias de adesão utilizadas. Todavia, na avaliação das 24 h, este adesivo apresentava os valores de nanoinfiltração tendencialmente mais elevados quando aplicado de forma *etch-and-rinse* e tendencialmente mais elevados do que os valores obtidos para os adesivos com MDP, utilizados segundo estratégia *self-etch*.

Assim, a terceira hipótese nula deste estudo de nanoinfiltração só poderá ser rejeitada para os adesivos universais Futurabond U e Adhese Universal e não para o adesivo Scotchbond Universal; uma vez que o tempo de

envelhecimento proposto só influencia a expressão da nanoinfiltração, de forma significativa, para os dois primeiros adesivos.

Na avaliação dos 6 meses foram encontrados valores de nanoinfiltração ligeiramente mais baixos em alguns espécimes de ambos os grupos experimentais em que foi utilizado o adesivo Scotchbond Universal (grupos SU-SE e SU-ER). Poder-se-ia supor que estes resultados se devessem ao aumento de volume das resinas, após sorção de água, que resultaria no encerramento dos espaços entre a resina adesiva e a superfície de dentina, selando a cavidade (Burrow *et al.*, 1996; Burrow *et al.*, 1999). No entanto, estes resultados não foram reproduzidos para outros adesivos. É admissível que, apesar de todos os espécimes terem sido polidos durante o mesmo tempo e pelo mesmo operador, possam ter ocorrido falhas na técnica de polimento, com um desgaste maior da região nanoinfiltrada.

A literatura é ainda muito escassa no que diz respeito ao estudo da durabilidade da adesão dos adesivos universais. Apenas dois estudos laboratoriais testaram até agora, o efeito do envelhecimento na expressão da nanoinfiltração destes adesivos.

O trabalho de Muñoz *et al.* (2015) corrobora os resultados deste trabalho no que diz respeito ao comportamento da nanoinfiltração ao longo do tempo para o adesivo Scotchbond Universal. Já Marchesi *et al.* (2014a) verificaram um aumento significativo da nanoinfiltração para o adesivo Scotchbond Universal, independentemente da estratégia de adesão e da condição de humidade utilizadas, após 6 e 12 meses de armazenamento em saliva artificial. Findos os 12 meses de avaliação, a estratégia de adesão *self-etch*, foi associada a significativamente menos nanoinfiltração do que a técnica *etch-and-rinse*. Segundo os mesmos autores, os resultados encontrados são justificados pela estabilidade que a molécula de MDP confere à interface adesiva.

Resultados semelhantes foram obtidos no presente estudo. A estratégia *etch-and-rinse* foi aquela que apresentou uma maior degradação da interface adesiva, ao longo do tempo. Este achado parece dever-se à degradação das fibras de colagénio expostas pelo condicionamento ácido, na presença de água

e de MMP's (Van Meerbeek *et al.*, 1992). Embora a degradação do colagénio pelas MMP's possa ocorrer em ambas as estratégias adesivas, ela é mais frequente quando os adesivos são aplicados com condicionamento ácido prévio da dentina, fruto de uma maior exposição de matriz dentinária (Mazzoni *et al.*, 2013).

Marchesi *et al.* (2014) avaliaram o efeito da aplicação do adesivo Scotchbond Universal sobre a ativação das MMP's dentinárias quando aplicado nas duas estratégias de adesão, bem como do adesivo Prime&Bond NT, um *etch-and-rinse* de dois passos. Verificaram que, quando o adesivo Scotchbond Universal foi aplicado segundo estratégia *self-etch* sobre a dentina mineralizada, na qual estavam presentes pro-MMP-2, pro-MMP-9 e formas ativas de MMP-2, provocou um aumento das formas ativas quer da MMP-2, quer da MMP-9. Quando os adesivos foram aplicados após pré-condicionamento ácido, para além do aumento das formas ativas das duas MMP's, também se verificou o aumento da pro-MMP-2. O facto do adesivo Scotchbond Universal aumentar, a ação das MMP's nas duas estratégias de adesão, mostra que esta ativação é dependente da composição química do adesivo. Admite-se que os monómeros acídicos do adesivo reduzam o pH do meio, ativando pro-formas em formas ativas de MMP's através da exposição do seu domínio catalítico que estava bloqueado por pró-péptidos (Mazzoni *et al.*, 2013).

Após 6 meses de envelhecimento, a estratégia de adesão *self-etch*, continuou a ser a estratégia associada a menor nanoinfiltração, mesmo para o adesivo Futurabond U, que às 24 h ainda não apresentava diferenças com significado estatístico entre as suas estratégias adesivas.

O maior envolvimento do colagénio por resina, bem como a ligação adicional monómero/hidroxiapatite formada em redor do colagénio e a deposição dos sais de cálcio em nanocamadas, nos adesivos que possuem MDP podem resultar em mecanismos de adesão mais resistentes ao processo de degradação hidrolítica. Yoshida *et al.* (2004) mostraram que a adesão química promovida pelo monómero de 10-MDP não é só mais efetiva, mas também é mais estável em água do que outros monómeros funcionais como o 4-META e

fenil-P, dadas as características apolares daqueles monómeros funcionais (Yoshida *et al.*, 2012b; Yoshihara *et al.*, 2010; Yoshihara *et al.*, 2011b).

Com efeito, a estratégia *self-etch* neste contexto resultará num selamento marginal da restauração por um período de tempo maior (Muñoz *et al.*, 2015). A aplicação de ácido fosfórico remove uma parte significativa parte do conteúdo mineral da dentina e poderá comprometer o seu selamento marginal (Erhardt *et al.*, 2011; Inoue *et al.*, 2005; Yoshida *et al.*, 2012b; Yoshihara *et al.*, 2010).

Apesar da comprovada maior estabilidade conferida pela presença de MDP, não foram encontrados resultados significativamente diferentes entre o adesivo Futurabond U, desprovido deste monómero fosfatado, e os restantes adesivos universais. No entanto, dos três adesivos universais testados, o Futurabond U foi o único que, quando aplicado segundo estratégia *self-etch*, apresentou tanto às 24 h como aos 6 meses, valores de nanoinfiltração semelhantes aos obtidos com o adesivo Adhese Universal aplicado de forma *etch-and-rinse*. Este facto denota um comportamento, em termos de nanoinfiltração, menos favorável e mais próximo dos adesivos aplicados com condicionamento ácido da dentina. A justificação para este resultado poderá dever-se exatamente à ausência de uma adesão estável à dentina. Apesar disso, na comparação dos resultados entre estratégias de adesão, o adesivo Futurabond U mostrou, em concordância com os outros adesivos universais, que a estratégia adesiva *self-etch* conduz a valores significativamente mais baixos de nanoinfiltração quando comparada com a estratégia *etch-and-rinse* do mesmo adesivo, o que realça a importância que o envolvimento do colagénio pela resina tem na qualidade da interface adesiva.

A análise dos resultados obtidos permite-nos afirmar que a degradação da interface adesiva após 6 meses de envelhecimento, é fortemente influenciada pela natureza química dos adesivos em estudo e pela estratégia de adesão, o que está de acordo com o verificado para outros autores (Marchesi *et al.*, 2014; Muñoz *et al.*, 2015).

Os adesivos universais em estudo, são adesivos altamente hidrofílicos e com grandes quantidades de solventes. Portanto, do mesmo modo que os sistemas simplificados anteriormente lançados no mercado (Li *et al.*, 2000a; Malacarne *et al.*, 2006), funcionam como membranas semipermeáveis e são capazes de absorver água, independentemente de serem aplicados sobre a dentina condicionada ou não (Muñoz *et al.*, 2013; Muñoz *et al.*, 2014). A quantidade de água que serão capazes de absorver dependerá quer da composição do adesivo, quer da sua hidrofília (Malacarne *et al.*, 2006), sendo que quanto mais hidrofílica é a solução adesiva utilizada, maior será a absorção de água e mais nefastos os seus efeitos (Tay e Pashley, 2001; Van Landuyt *et al.*, 2005). A água absorvida pode manter-se livre e ocupar porosidades na interface adesiva ou pode unir-se a grupos iónicos da cadeia polimérica (Malacarne *et al.*, 2006).

A água, como já exposto anteriormente, pode diluir os monómeros de resina e diminuir o seu grau de conversão, levar à separação de fases dos constituintes dos adesivos, plastificar e hidrolisar os polímeros e do mesmo modo hidrolisar as fibras de colagénio expostas e permitir a eluição dos produtos da hidrólise ou dos monómeros não-convertidos para o fluido oral, aumentando dessa forma as porosidades da interface adesiva. O aumento da porosidade na interface manifesta-se por uma maior nanoinfiltração quando os espécimes são infiltrados com o corante (Li *et al.*, 2000a; Perdigão *et al.*, 2011; Sano, 2006).

O HEMA é o monómero hidrofílico mais frequente entre a composição dos adesivos em estudo. No entanto, a sua presença pode também ser responsável pelo processo degradativo que estes adesivos apresentam ao longo do tempo. O HEMA atrai água e forma hidrogéis denominados poli-HEMA que ficam retidos entre a camada adesiva incrementando as áreas de polímero não polimerizado e, conseqüentemente, a deposição de nitrato de prata (Duarte *et al.*, 2006; Malacarne *et al.*, 2006). O HEMA baixa ainda a pressão de vapor da água, tornando a sua remoção difícil (Pashley *et al.*, 1998; Van Landuyt *et al.*, 2005; Van Landuyt *et al.*, 2007b). Por outro lado, tendo o HEMA apenas um grupo polimerizável, forma polímeros lineares e tem sido associado à formação de camadas adesivas mais finas (Van Landuyt *et al.*, 2008a), mais suscetíveis à inibição da polimerização pela presença de oxigénio. Daqui resultam novamente

baixos graus de polimerização da resina (Nunes *et al.*, 2005) e maior absorção de água e consequentemente maior degradação ao longo do tempo (Tay *et al.*, 2002a), o que pode explicar a presença de nanoinfiltração (Toledano *et al.*, 2007c) e consequentemente os valores tendencialmente mais altos de nanoinfiltração para alguns adesivos no presente estudo.

Curiosamente, os adesivos deste estudo, com maiores concentrações de HEMA (25 a 50% para o adesivo Futurabond U e 35% para o adesivo Optibond SOLO Plus), foram os que apresentaram medianas das percentagens de nanoinfiltração mais elevadas na avaliação aos 6 meses. O grupo FU-SE, apesar de não atingir os elevados valores de nanoinfiltração encontrados genericamente nos sistemas aderidos com a estratégia *etch-and-rinse*, mostrou também a mediana mais elevada entre os grupos *self-etch*.

Outra particularidade destes dois adesivos, que os distingue quimicamente dos demais, é a sua mais alta concentração em solvente etanol. Os solventes orgânicos como o etanol transportam não só os monómeros para os espaços entre as fibras de colagénio, como também atuam como diluentes no sentido de reduzir a viscosidade dos adesivos. Desta forma, melhoram a infiltração da resina nas microporosidades quer criadas pelo ácido, quer pelos monómeros acídicos (Luque-Martinez *et al.*, 2014). Todavia, é importante que sejam totalmente volatilizados antes da polimerização do adesivo. A volatilização dos solventes facilita a reação de polimerização, dado que diminui a distância entre os monómeros de resina e aumenta o seu grau de conversão (Nunes *et al.*, 2006).

O solvente dos adesivos em estudo foi evaporado segundo indicação do fabricante. O adesivo Optibond SOLO Plus foi o adesivo cujo solvente etanol foi evaporado por menos tempo (3 s). Os restantes adesivos foram evaporados por 5 s. Esse período de tempo não parece, no entanto, suficiente para que o solvente seja totalmente evaporado, especialmente em adesivos com maiores concentrações de solvente, como o adesivo Optibond SOLO Plus e o adesivo Futurabond U. De acordo com um recente estudo de Luque-Martinez *et al.* (2014), a expressão de nanoinfiltração do adesivo Scotchbond Universal foi

marcadamente reduzida quando a evaporação do solvente foi aumentada para 25 s, em especial quando aplicado segundo estratégia *etch-and-rinse*. Os autores concluíram também que o aprisionamento de água na interface resina/dentina compromete o desempenho dos adesivos universais e a água pode ser mais bem evaporada com o aumento do tempo de evaporação.

O aprisionamento de solvente por entre a resina, pode resultar numa estrutura porosa por entre a interface dentina/resina (Luque-Martinez *et al.*, 2014) e pode justificar os valores de nanoinfiltração tendencialmente mais altos encontrados para os adesivos Optibond SOLO Plus e para o adesivo Futurabond U neste estudo, bem como o padrão puntiforme de prata encontrado pela camada adesiva destes adesivos. Chimeli *et al.* (2014) mostraram que, quando os solventes dos adesivos Optibond SOLO Plus e Scotchbond Universal não são evaporados, a nanoinfiltração assume os valores mais altos.

O adesivo Adhese Universal aplicado de forma *self-etch* e o adesivo Clearfil SE Bond foram os adesivos que apresentaram os valores de nanoinfiltração tendencialmente mais baixos do estudo, quer às 24 h, quer aos 6 meses. No entanto, em ambos foi notado um aumento significativo dos valores de nanoinfiltração ao longo do tempo.

O Adhese Universal é composto, entre outros constituintes, por monómeros de 10-MDP e por monómeros de MCAP, que se unem intensamente ao cálcio da hidroxiapatite. Esta ligação pode justificar a tendência verificada para este adesivo em apresentar menos nanoinfiltração, ao longo de todo este estudo. Contudo, o aumento do tempo de armazenamento de 24 h para 6 meses, foi suficiente para se verificar um aumento significativo da percentagem de nanoinfiltração na interface adesiva formada por este adesivo. Este adesivo apresenta 20 a 25% de HEMA, o que pode constituir uma causa da sua degradação ao longo do tempo (Tay *et al.*, 2002a).

A menor presença de nanoinfiltração no adesivo Clearfil SE Bond face a outros adesivos foi já relatada por vários autores (Duarte *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2001; Reis *et al.*, 2007c). O adesivo Clearfil SE Bond adere à dentina quimicamente e também de forma micromecânica, consequência do seu baixo valor de pH (cerca

de 1,9). Segundo Swift *et al.* (1995a), a associação destas duas formas de retenção pode ser uma mais valia para a durabilidade da adesão. Para além do mais, o adesivo Clearfil SE Bond apresenta comparativamente mais MDP do que qualquer adesivo universal em estudo, pois este monómero funcional está presente quer no *primer*, quer na solução hidrofóbica do adesivo Clearfil SE Bond. O sistema adesivo Clearfil SE Bond preconiza a aplicação de uma camada hidrofóbica, sem solvente, sobre o *primer* hidrofílico. Esta camada torna a superfície adesiva mais hidrofóbica, melhora o grau de conversão do adesivo, bem como as suas propriedades mecânicas (Perdigão *et al.*, 2014a) e diminui a sorção de água e aumenta a estabilidade do adesivo ao longo do tempo (Takahashi *et al.*, 2011; Van Landuyt *et al.*, 2007a).

Para Munoz *et al.* (2014), a aplicação de uma camada de resina hidrofóbica após aplicação *self-etch* do adesivo G-Bond Plus, reduz a presença de nanoinfiltração. Esta poderia ser uma das formas de diminuir a suscetibilidade destes adesivos universais hidrofílicos à hidrólise. Para além do mais, a aplicação desta camada hidrofóbica aumenta ainda a penetração dos adesivos pela *smear layer* e pela dentina, o que também se poderá traduzir numa diminuição das porosidades da região de interdifusão de resina, face aos outros adesivos aplicados segundo estratégia *self-etch*.

Apesar dos aspetos positivos referidos, o adesivo Clearfil SE Bond apresenta sinais de degradação ao longo tempo, expressa pelo aumento da interface adesiva infiltrada após 6 meses de envelhecimento, face ao observado para o mesmo adesivo às 24 h. Embora as propriedades hidrofóbicas das nanocamadas, que os monómeros de MDP formam sobre a dentina, protejam a camada híbrida formada da degradação hidrolítica (Yoshida *et al.*, 2012b), pode ocorrer hidrólise da funcionalidade éster do MDP e consequentemente degradação da ligação à dentina. A degradação deste grupo funcional pode ocorrer por um processo de hidrólise, do mesmo modo que o que acontece com outros monómeros de resina e não ser tão estável quanto os fabricantes querem fazer parecer (Salz *et al.*, 2005; Spencer *et al.*, 2010). Este dado, pode justificar parte da degradação evidenciada nos adesivos com MDP. A presença de HEMA, embora em baixa concentração, pode justificar alguma sorção de água e, deste

modo, facilitar a degradação da interface adesiva.

A degradação ocorrida ao longo do tempo para este adesivo pode também resultar do desprendimento das partículas de sílica da sua matriz de resina, por hidrólise do seu agente de ligação ao longo dos 6 meses de armazenamento. Este mecanismo foi já descrito, aliás, para o sucessor do adesivo Clearfil SE Bond, o adesivo *self-etch* de um passo Clearfil S³ (Van Landuyt *et al.*, 2010).

Pelo exposto, poder-se-á afirmar que, independentemente da sua origem, as nanoporosidades presentes na interface adesiva são locais suscetíveis à absorção e movimento de água, levando à degradação contínua da interface, por um processo de hidrólise (Hashimoto *et al.*, 2001; Tanaka *et al.*, 1999; Yoshida *et al.*, 2004). Prova disso é que, quando os espécimes são armazenados em óleo, pouca ou nenhuma degradação ocorre (Reis *et al.*, 2007c).

A humidade da dentina não influenciou a variação da nanoinfiltração entre as 24 h e os 6 meses. Apesar disso, não deverá ser negligenciado o facto de que 6 meses de envelhecimento artificial dos espécimes poderão não ter sido suficientes para avaliar o verdadeiro efeito da humidade da dentina na expressão da nanoinfiltração. A este propósito, refira-se contudo que se procurou intensificar o efeito de envelhecimento, quer através da troca semanal da solução de armazenamento, quer através do armazenamento dos espécimes já com a interface exposta reduzindo as distâncias de difusão (Skovron *et al.*, 2010).

Seria pertinente neste contexto avaliar se o armazenamento dos espécimes por períodos de tempo maiores conduziriam a resultados diferentes,

2.5.5 Análise ultraestrutural e da localização geral dos depósitos de prata na interface adesiva formada pelos adesivos em estudo

Os depósitos de prata apresentam diferentes localizações que parecem relacionar-se com a estratégia de adesão e com a composição química dos adesivos (Dorfer *et al.*, 2000; Sano *et al.*, 1995a).

Todos os adesivos em estudo colocados após desmineralização da dentina com ácido fosfórico, formaram uma linha descontínua de deposição de prata na base da camada híbrida. Esta penetração de prata parece ocorrer entre a dentina desmineralizada e pode ser considerada um tipo de permeabilidade da dentina intertubular indicando que os adesivos não penetram a totalidade da dentina condicionada (Li *et al.*, 2000a; Pashley *et al.*, 1993; Spencer e Swafford, 1999). A apresentação descontínua destes depósitos mostra que a prata penetra nos espaços entre as fibras de colagénio, corando-as de forma intensa em regiões onde muito colagénio está exposto, ou de forma mais difusa quando grande parte das fibras de colagénio estão impregnadas com resina (Li *et al.*, 2000a).

Alguns espécimes desta técnica adesiva apresentam inclusivamente penetração de depósitos de prata entre os prolongamentos de resina e os túbulos dentinários, o que denota a falta de selamento ou hibridização lateral dos prolongamentos de resina formados por estes adesivos. A infiltração tubular poderá facilitar a subsequente passagem de fluidos e sub-produtos bacterianos em direção à polpa.

Sendo os adesivos universais Adhese Universal e Futurabond U, bem como o adesivo Clearfil SE Bond adesivos suaves e o adesivo universal Scotchbond Universal ultra-suave, não desmineralizam, em teoria, a dentina em profundidades que não consigam penetrar.

A presença de depósitos de prata no interior da camada híbrida ou mesmo da camada adesiva foi verificada para ambas as estratégias do mesmo adesivo. Esta localização significa que a presença de prata não traduz apenas as nanoporosidades deixadas pela infiltração inconsistente da dentina desmineralizada por resina. A prata pode penetrar também por nanoporosidades ou domínios de água presentes entre os monómeros de resina que dependem em parte da composição química dos adesivos, mas também da técnica adesiva do operador.

Pequenas quantidades de água podem ficar aprisionadas, sobre a forma de hidrogéis, uma vez que o HEMA presente neste adesivo diminui a pressão de vapor da água e dificulta a sua completa evaporação (Pashley *et al.*, 1998).

Como resultado a camada híbrida deste adesivo poderá apresentar áreas de incompleta polimerização ou regiões de hidrogéis porosas infiltradas por prata. Achados semelhantes foram já descritos por Duarte *et al.* (2006).

Os adesivos universais são adesivos à base de etanol e água, ou no caso do adesivo Futurabond U à base de etanol, mas com elevadas percentagens de HEMA. Dessa forma, o aprisionamento de alguma água residual no interior da camada híbrida ou camada adesiva é natural e possivelmente potenciada pela presença de água na dentina.

A presença de HEMA e água, do mesmo modo que para o adesivo Clearfil SE Bond, pode justificar a presença de depósitos reticulares e, por vezes, em forma de árvores de água, dos adesivos Adhese Universal e Scotchbond Universal. Neste último, os depósitos de prata reticulares encontrados na camada adesiva podem dever-se também à presença de áreas de monómeros não convertidos e polimerização inadequada. Os monómeros de ácido polialquenoico de alto peso molecular, presentes na constituição deste adesivo, distanciam os monómeros entre si e podem ter um efeito negativo na polimerização dos mesmos (Chen *et al.*, 2015). O aparecimento dos depósitos de prata reticulares na camada adesiva será independente da estratégia de adesão utilizada e da humidade preconizada.

Quando a *smear layer* é removida, o efluxo de fluido pulpar em direção à camada adesiva, em resposta à osmolaridade da sua solução (Li *et al.*, 2002; Tay *et al.*, 2004b), poderá aumentar a quantidade de água aprisionada. Os canais de comunicação criados entre a dentina e o adesivo ao ficarem preenchidos por água, microscopicamente aparecem como canais de água em forma de árvores de água. No presente estudo, este tipo de permeabilidade tubular poderá ocorrer pela presença de água após lavagem da dentina, mas não pelo fluido pulpar, uma vez que não foi simulada a sua presença e a sua pressão.

A ausência de recobrimento hidrofóbico destes adesivos, do mesmo modo do que para as soluções hidrofílicas anteriores potencia ainda mais esta permeabilidade (King *et al.*, 2005). No entanto, Muñoz *et al.* (2014) verificaram

que a aplicação de uma camada de resina hidrofóbica sobre os adesivos Scotchbond Universal e All-Bond Universal apenas resultou numa diminuição da infiltração por prata quando os adesivos foram aplicados após condicionamento ácido. Estes resultados corroboram a ideia de que a nanoinfiltração não se relaciona apenas com a permeabilidade da camada adesiva, mas também com a presença de defeitos nanométricos resultantes do aprisionamento de água/solvente residual, de regiões de penetração incompleta da resina ou de áreas de inadequada polimerização (Li *et al.*, 2000a; Reis *et al.*, 2007a; Tay *et al.*, 2002c).

A localização e extensão dos depósitos de prata é altamente dependente quer da estratégia de adesão, quer da composição química dos adesivos, quer da técnica do operador.

O aumento do número de depósitos de prata, bem como o aparecimento de depósitos de prata após armazenamento dos espécimes, pode resultar da sorção de água ao longo do tempo e da eluição do material resinoso não polimerizado, bem como do colagénio hidrolisado, pelas nanoporosidades formadas (Li *et al.*, 2001; Malacarne *et al.*, 2006; Okuda *et al.*, 2001; Spencer e Swafford, 1999).

Do mesmo modo que os canais formados entre a dentina e a camada adesiva, são regiões de movimento de água, também são os locais de eluição de monómeros não polimerizados ou de perda de resina e por isso, podem constituir o primeiro lugar de degradação hidrolítica da adesão resina/dentina (Hashimoto *et al.*, 2003b; Tay *et al.*, 2004b).

O adesivo Futurabond U foi o único adesivo em estudo que apresentou de forma consistente poros no interior da sua camada adesiva.

O adesivo Futurabond U é apresentado em unidoses e é composto por duas soluções que devem ser misturadas manualmente antes da sua aplicação. Essa mistura manual dos componentes pode introduzir bolhas de ar no interior do adesivo, e justificar a presença frequente de poros no interior da camada adesiva. A aplicação ativa do adesivo sobre a superfície dentinária poderá agravar esse aprisionamento (Li *et al.*, 2000a).

O ar aprisionado no interior da resina pode, por inibição da polimerização da resina à volta das bolhas de ar, aliviar as tensões provocadas pela contração de polimerização (Alster *et al.*, 1992). Poder-se-ia por isso especular que a utilização de adesivos com mistura manual poderia trazer alguns benefícios à integridade da interface resina/dentina. Apesar deste aparente benefício, as bolhas de ar podem e parecem enfraquecer substancialmente a resina e levar à delaminação da interface e/ou à maior penetração de nitrato de prata por esta interface (Alster *et al.*, 1992). Resultados semelhantes foram encontrados por Chen *et al.* (2015) para o mesmo adesivo universal.

O Futurabond U é ainda, o único adesivo de dupla polimerização em estudo. Quando os adesivos de dupla polimerização são fotopolimerizados, o grau de conversão dos monómeros é maior, com o consequente aumento das suas propriedades fisicomecânicas (Braga *et al.*, 2002). No entanto, este adesivo, tal como os demais em estudo, apresenta uma formulação hidrofílica, altamente permeável. Daqui resulta que, mesmo que o adesivo tenha sido inicialmente fotopolimerizado por 10 s, segundo recomendação do fabricante, a sua componente de polimerização química pode ter continuado o processo de polimerização do adesivo de forma mais lenta. O tempo prolongado de presa poderá ter permitido a difusão de humidade da dentina para o adesivo e resultar no aparecimento de bolhas de água ao longo da interface dentina/restauração. Falta referencia. Outra justificação para a presença de bolhas na camada adesiva poderá ser a presença e aprisionamento de hidrogeis de poli-HEMA, com áreas de incompleta polimerização do adesivo.

No entanto, atendendo a que a presença de poros na camada adesiva ocorreu de forma semelhante, quando o adesivo foi aplicado sobre a dentina seca ou húmida, e que o adesivo Futurabond U possui pequenas concentrações de água (não definidas pelo fabricante) admite-se que a presença desses poros na camada adesiva se deva fundamentalmente à mistura manual do adesivo, com o consequente aprisionamento de ar entre a matriz adesiva.

Algumas das fendas encontradas no presente trabalho, encontraram-se associadas a depósitos de prata em forma de árvores de água, mas sem o

preenchimento total da fenda pelos depósitos. Pode especular-se que a preparação dos espécimes e/ou o alto vácuo presente aquando da cobertura dos mesmos ou na câmara do microscópio eletrónico, terão delaminado a interface já por si debilitada. A mesma razão justificará a presença de áreas delaminadas sem a presença de prata.

2.6 Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo laboratorial sugerem que:

- a) A combinação adesivo/estratégia de adesão influenciou a expressão da nanoinfiltração da interface adesiva formada pelos adesivos em estudo.
 - Com exceção do adesivo Futurabond U às 24 h no qual não de verificaram diferenças entre os resultados obtidos com as duas estratégias adesivas, a estratégia *etch-and-rinse* conduziu a uma maior expressão de nanoinfiltração da interface obtida com os adesivos universais, comparativamente à sua aplicação *self-etch*;
 - Quando utilizados segundo a mesma estratégia de adesão, os adesivos universais apresentaram uma percentagem de nanoinfiltração semelhante;
 - Às 24 h, o adesivo Futurabond U e o adesivo Scotchbond Universal aplicados segundo estratégia *self-etch*, apresentaram valores de interface nanoinfiltrada não estatisticamente diferentes dos adesivos Adhese Universal, Optibond SOLO Plus e Futurabond U aplicados segundo estratégia *etch-and-rinse*;
 - Não foram encontradas diferenças entre a nanoinfiltração obtida com os adesivos universais e os adesivos controlo, quando utilizados segundo a mesma estratégia de adesão. Do mesmo modo não foram encontradas diferenças entre a nanoinfiltração obtida com os adesivos controlo Optibond SOLO Plus e Clearfil SE Bond;
- b) A condição de humidade da dentina não influenciou a expressão de nanoinfiltração na interface adesiva dos adesivos em estudo;
- c) O tempo de envelhecimento artificial dos espécimes influenciou a expressão de nanoinfiltração na interface adesiva.
 - Com exceção do adesivo Scotchbond Universal, o envelhecimento dos espécimes, de 24 h para 6 meses, conduziu a um aumento da

percentagem de nanoinfiltração em todos os adesivos, independentemente da estratégia de adesão utilizada;

- Os adesivos universais degradaram-se de forma mais significativa quando aplicados após condicionamento ácido da dentina.

3 ESTUDO ULTRAMORFOLÓGICO DA INTERFACE ADESIVA

3.1 Introdução

Tão importante quanto testar a resistência de união aos tecidos dentários é avaliar as características dessa união. A formação de uma interface adesiva de qualidade é de grande importância para a longevidade da restauração e depende de uma boa interação entre o sistema adesivo e o substrato. É necessário conseguir uma correta hibridização da dentina inter e peritubular desmineralizada que resulte na formação de uma camada híbrida uniforme, sem poros ou defeitos. A qualidade da camada híbrida juntamente com a formação de prolongamentos de resina bem adaptados às paredes tubulares e com anastomoses a prolongamentos de resina vizinhos, os microprolongamentos ou prolongamentos laterais, é fundamental para reduzir a suscetibilidade de uma restauração adesiva ao fracasso (Perdigão *et al.*, 1996a; Sano *et al.*, 1994c; Sano *et al.*, 1995c; Spencer e Swafford, 1999).

Contrariamente à camada híbrida, os prolongamentos e microprolongamentos de resina não contribuem de forma significativa para a retenção dos adesivos e por conseguinte para a grandeza das forças adesivas à dentina (Lohbauer *et al.*, 2008). No entanto, fornecem-nos informação acerca da capacidade de molhamento do adesivo e reduzem a sensibilidade pós-operatória e a irritação pulpar, uma vez que dificultam a infiltração de produtos bacterianos e toxinas nos túbulos dentinários (Breschi *et al.*, 2003; Van Meerbeek *et al.*, 1992).

Juntos, a camada híbrida e os prolongamentos de resina são responsáveis pelo correto selamento da interface adesiva.

São ainda escassos os estudos que avaliam a ultramorfologia da interface adesiva formada pelos sistemas adesivos universais. Hanabusa *et al.* (2012) avaliaram a interface adesiva formada pelo adesivo universal G-Bond Plus e verificaram que a aplicação de ácido antes do adesivo tornava a interface de união mais vulnerável à biodegradação, muito provavelmente devido, segundo

os mesmos autores, à discrepância entre a profundidade de dentina desmineralizada e a profundidade de penetração dos monómeros de resina. Perdigão *et al.* (2012a) verificaram, com recurso a imagens de SEM, que quando a dentina era seca após aplicação e lavagem do agente condicionante, a penetração dos monómeros de resina do adesivo Scotchbond Universal pela dentina desmineralizada era menor e por conseguinte a camada híbrida assumia espessuras inferiores, face aos espécimes aderidos em dentina húmida.

Com o propósito de avaliar a forma como os adesivos universais se unem à dentina, quando aplicados segundo diferentes estratégias adesivas e condições de humidade da dentina bem como avaliar a estabilidade da interface adesiva promovida pelos diferentes adesivos após envelhecimento artificial, foram comparadas microfotografias obtidas em microscopia eletrónica.

A microscopia eletrónica de varrimento tornou-se uma ferramenta muito importante em dentisteria, durante os anos 1950's e 1960's quando o estudo ultramorfológico do esmalte e da dentina deu os primeiros passos (Arwill e Bloom, 1955). Após introdução da técnica de ataque ácido (Buonocore, 1955), a sua utilização estendeu-se também ao estudo dos mecanismos de adesão ao esmalte e à dentina e é hoje uma técnica bem estabelecida para esse propósito (Paul *et al.*, 1999c; Perdigão *et al.*, 1995; Perdigão *et al.*, 1996b; Sano *et al.*, 1994c; Schneider *et al.*, 2000).

A imagem obtida em microscopia eletrónica é o resultado da estimulação da superfície do espécime por um feixe de eletrões acelerados. O feixe de eletrões (eletrões primários) percorre a superfície do espécime e penetra alguns micrómetros no seu interior. Dessa interação resulta a libertação de eletrões secundários que são recebidos por um detetor e transformados em luminosidade revelando informações sobre a topografia da interface. O número de eletrões que são emitidos de qualquer ponto da superfície é determinado pelas mudanças na topografia, composição e textura da superfície (Oliveira, 2004). A imagem obtida por deteção de eletrões secundários tem um forte contraste topográfico, apresentando-se o relevo do espécime com um aspeto

semelhante ao que teria a observação visual direta ou com uma lupa (Sá, 2002).

3.2 Objetivos do estudo

Caracterizar a ultramorfologia da interface adesiva formada pela união dos adesivos universais à dentina, de maneira a compreender o efeito da combinação adesivo/estratégia de adesão e das condições de humidade da dentina na ultramorfologia da interface adesiva criada, bem como alterações que nela possam surgir ao longo do tempo.

3.3 Material e Métodos

3.3.1 Delineamento experimental

Quarenta e oito discos de dentina média foram expostos a partir de terceiros molares hígidos e distribuídos de forma equitativa e aleatória por 16 grupos de trabalho (n=3), de acordo com o tipo de adesivo, a estratégia de adesão e a condição de humidade da dentina estabelecidas, conforme o esquema da figura 1.

Após aplicação do sistema adesivo e material de restauração, cada disco foi seccionado em duas partes iguais de modo a obter dois hemidiscos. Um hemidisco foi avaliado 24 h após o procedimento de adesão e o outro, avaliado após 6 meses de armazenamento numa solução de azida sódica.

A avaliação e caracterização da interface adesiva formada pela união dos adesivos à dentina foi efetuada pela análise de microfotografias obtidas em FEG-SEM. As observações foram realizadas em locais pré-determinados, por forma a que as microfotografias obtidas às 24 h e aos 6 meses de avaliação representassem áreas aproximadas.

3.3.2 Seleção e alocação dos dentes pelos grupos de estudo

Após aprovação pela Comissão de Ética da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa (em anexo), foram recolhidos 48 terceiros molares humanos, segundo os seguintes critérios de inclusão:

- terceiros molares erupcionados ou não erupcionados com raízes completamente formadas;
- dentes sem lesões de cárie, fraturas, reabsorções ou restaurações;
- dentes sem tratamento endodôntico prévio.

Os dentes foram limpos com uma ponta ultrassónica e curetas de *Gracey* com o objetivo de remover restos de tecidos orgânicos e inorgânicos e de seguida armazenados numa solução aquosa de cloramina a 0,5%, a 4°C, por um período não superior a seis meses após extração, trocada semanalmente. Nas

24 h anteriores ao seu processamento os dentes foram colocados em água destilada, a 4°C (Sezinando *et al.*, 2012).

3.3.3 Preparação dos dentes e procedimento restaurador

Quarenta e oito discos de dentina média foram obtidos do mesmo modo que o descrito no estudo de nanoinfiltração (vide capítulo 2.3.3 do estudo de nanoinfiltração).

Foi criada uma *smear layer* padronizada, utilizando discos de papel abrasivo de carbeto de silício de grão 600 (Buehler, Ltd) sob água corrente, numa máquina polidora (Lunn Major) durante 60 s (Pashley *et al.*, 1988a), após verificação da ausência de remanescentes pulpares ou de esmalte na superfície a aderir.

Os sistemas adesivos universais Futurabond U, Adhese Universal e Scotchbond Universal, bem como os adesivos controlo Optibond SOLO Plus e Clearfil SE Bond, foram aplicados sobre os discos segundo as estratégias de adesão, *etch-and-rinse* e *self-etch*, e condições de humidade, seca e húmida, já anteriormente descritas nos estudos laboratoriais anteriores e conforme exposto na tabela 4.

Após polimerização dos adesivos, pelo tempo recomendado pelos respetivos fabricantes, com um fotopolimerizador LED Bluephase 20i (Ivoclar Vivadent) no programa *High Power* com uma intensidade de luz de 1200 mW/cm², a superfície dos discos foi recoberta com um incremento de 1 mm de uma resina composta fluida particulada, cujas características se encontram detalhadas na tabela 12 do estudo de nanoinfiltração.

Após polimerização da resina adesiva por 10 s, com um fotopolimerizador LED Bluephase 20i (Ivoclar Vivadent), no programa *High Power* com uma intensidade de luz de 1200 mW/cm², conforme recomendação do fabricante, os discos restaurados foram colocados em água destilada no interior de copos etiquetados, a 37°C, em 100% de humidade relativa, durante 24 h (Hikita *et al.*, 2007).

Findo esse período os discos restaurados foram divididos em duas metades (figura 78), sendo que um hemidisco de cada espécime foi processado para avaliação às 24 h e o outro hemidisco correspondente guardado, por 6 meses, em 1 ml de azida sódica a 0,4% (pH=7), a 37°C (Burrow *et al.*, 1996). A solução de armazenamento foi trocada semanalmente (Skovron *et al.*, 2010).

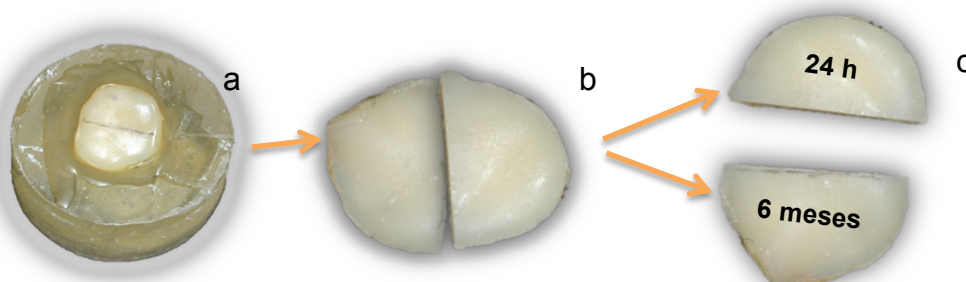


Figura 78 - a) Montagem dos discos em cilindros de resina acrílica; b) Disco separado em duas metades; c) Representação do hemidisco avaliado às 24 h e do hemidisco correspondente, avaliado após 6 meses de envelhecimento artificial.

3.3.4 Preparação dos espécimes para microscopia electrónica de varrimento

De modo a proceder à sua fixação, os espécimes foram imersos numa solução de 2,5% de glutaraldeído em tampão cacodilato a 0,1 M, pH=7,4 durante 12 h a 4°C (Perdigão *et al.*, 1995). Após fixação, os espécimes foram colocados numa solução tampão de cacodilato 0,1 M, pH=7,4 durante 1 h. A solução tampão foi trocada a cada 20 min.

Os hemidiscos foram então colocados durante 1 min em água destilada e depois desidratados em concentrações ascendentes de etanol segundo esquema: 20 min em etanol a 25%, 20 min em etanol a 50%, 20 min em etanol a 75%, 30 min em etanol a 96% e 60 min em etanol a 100%.

Os espécimes foram secos por imersão em HMDS (SIGMA ALDRICH) por 10 min (Perdigão *et al.*, 1995) e posteriormente colocados em caixas individualizadas com papel de filtro absorvente, à temperatura ambiente.

De modo a melhorar o polimento e, desse modo, melhorar a visualização pormenorizada da interface adesiva, os hemidiscos previamente fixados, desidratados e secos foram depois embebidos em resina acrílica autopolimerizável (SampKwick™, Buehler, Lake Bluff, IL, EUA), exceto na face onde a interface adesiva estava exposta (figura 79).



Figura 79 - Inclusão dos hemidiscos em resina acrílica autopolimerizável.

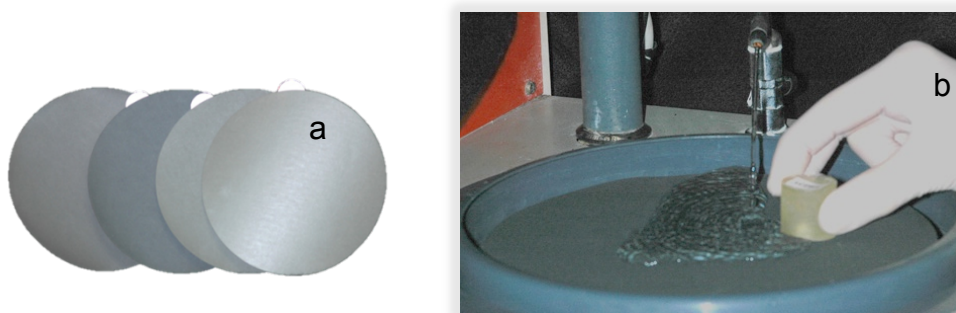


Figura 80 - a) Discos de lixa de carbeto de silício; b) Polimento de um hemidisco durante 1 min com refrigeração.

Os espécimes foram então polidos sequencialmente com discos de carbeto de silício de grão de abrasividade decrescente de 400, 600, 1200 e 2500 (Buehler,Ltd) durante 1 min cada (figura 80). Posteriormente foram utilizados discos de feltro (Whitefelt, Buehler) com pasta diamantada (Meta Di ® Monocrystalline Diamond Suspension, Buehler) de 6 μm , 3 μm e 1 μm , também um minuto em cada disco, de modo a polir e dar brilho aos espécimes (figura 81). Os espécimes foram polidos numa máquina de polimento, sob refrigeração (Lunn Major, Struers).



Figura 81 - Polimento de um hemidisco durante 1 min com pasta de diamante de abrasividade de 6 µm.

Após polimento, os cilindros de resina acrílica foram montados na máquina de corte (IsometTM1000, Buehler Ltd.) e cortada a região superior do cilindro de modo a soltar o espécime polido (figura 82).

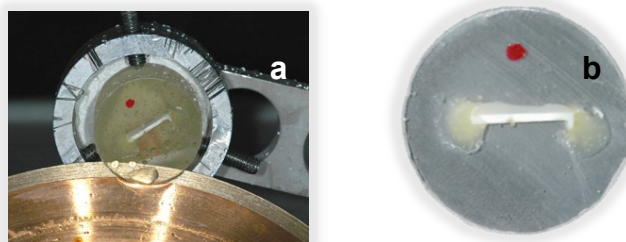


Figura 82 - a) Corte da região superior dos cilindros de resina acrílica de modo a soltar os espécimes polidos (b).

Foram removidos os excessos de resina acrílica ao redor do hemidiscos e os espécimes foram colocados num banho ultrassônico com álcool a 100% durante 5 min, de modo a remover quaisquer restos de resina acrílica e de resíduos de pasta de polimento. De forma a remover o mineral para melhor visualizar a interface adesiva, os hemidiscos foram colocados em ácido clorídrico a 6 M (Sigma-Aldrich Chemical Company, St Louis, MO, EUA) durante 30 s. Após lavagem com água destilada durante 1 min, os espécimes foram colocados em hipoclorito de sódio a 13% durante 1 min para remover a matéria orgânica e permitir visualizar os prolongamentos de resina.

Os espécimes foram secos à temperatura ambiente em caixas forradas com papel de filtro absorvente, durante 24 h. Após esse período foram colocados em porta-espécimes de alumínio, forrados com fita de carbono (Ted Pella), de acordo com o subgrupo ao qual pertenciam. Os porta-espécimes foram cobertos com uma suspensão de prata coloidal (Pelco® Colloidal Silver Liquid) e metalizados numa atmosfera de argon com 200 nm de ouro/paládio de igual modo ao efetuado para o estudo de nanoinfiltração.

3.3.5 Análise dos espécimes em microscopia electrónica de varrimento

Os espécimes foram visualizadas num FEG-SEM com detetor de emissão de eletrões secundários (JEOL JSM 7301F).

O centro do espécime foi encontrado com recurso ao sistema de medições do software do microscópio e foram tiradas microfotografias no centro de cada espécime e a cada 2 mm para a direita e para a esquerda desse ponto inicial. As fotografias foram feitas com uma ampliação de 500X, 1000X, 1500X, 2500X e pontualmente de 3500X, 5000X e 10000X.

A análise e comparação das microfotografias de cada grupo de estudo foi efetuada de forma descritiva, de modo a caracterizar a interface adesiva formada pelos sistemas adesivos em estudo, com base nos seguintes parâmetros:

- Presença e espessura da camada híbrida;
- Presença de prolongamentos de resina adaptados às paredes dos túbulos;
- Presença de microprolongamentos laterais entre os prolongamentos de resina;
- Espessura da camada de adesivo;
- Presença de fendas ou delaminações na interface adesiva;
- Presença de poros na camada híbrida e/ou na camada adesiva.

3.4 Resultados

3.4.1 Caracterização da interface adesiva formada pelos adesivos em função da estratégia de adesão utilizada.

A aplicação prévia de ácido fosfórico sobre a dentina e a sua subsequente lavagem removeu a *smear layer* e os *smear plugs*, desmineralizou a dentina intertubular em profundidade e abriu os orifícios dos túbulos dentinários pela remoção da dentina peritubular altamente mineralizada (figura 83), num padrão de desmineralização em V, originando prolongamentos de resina com a região superior em forma de funil (Perdigao e Swift, 1994) aquando da penetração da resina adesiva (figura 84).

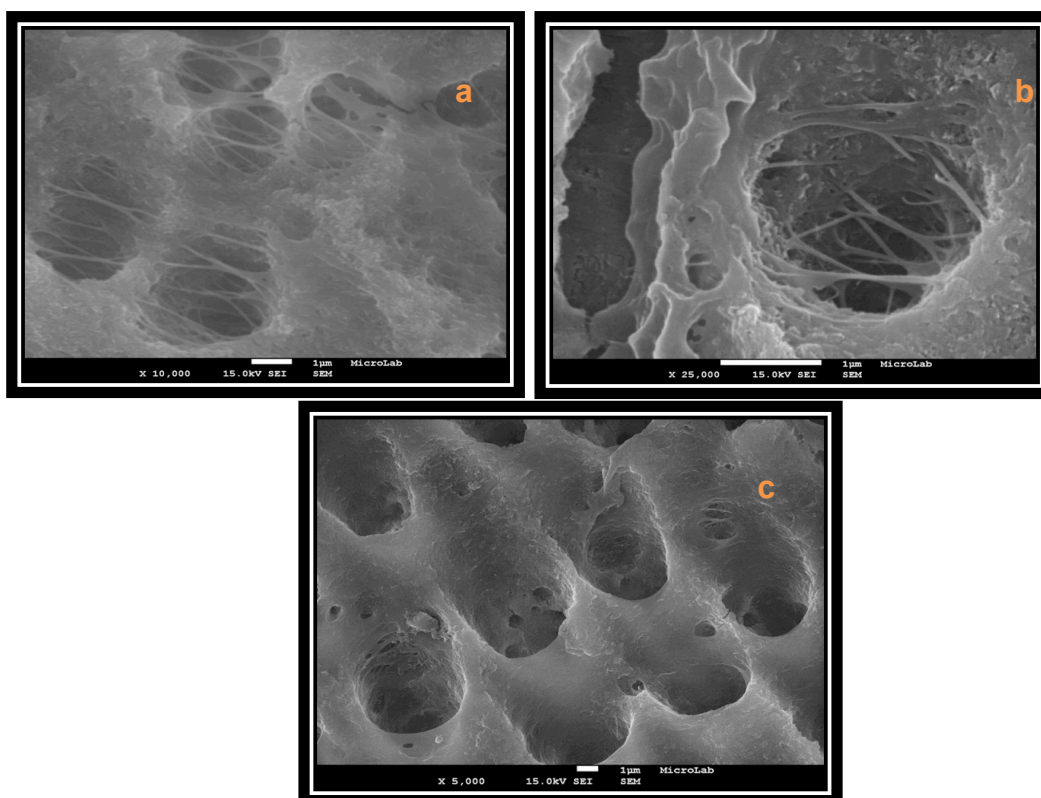


Figura 83 - Micrografias obtidas em FEG-SEM que mostram a superfície dentinária após desmineralização com ácido fosfórico (imagem c). Ampliação de 10000X (a), 25000X (b) e 5000X (c).

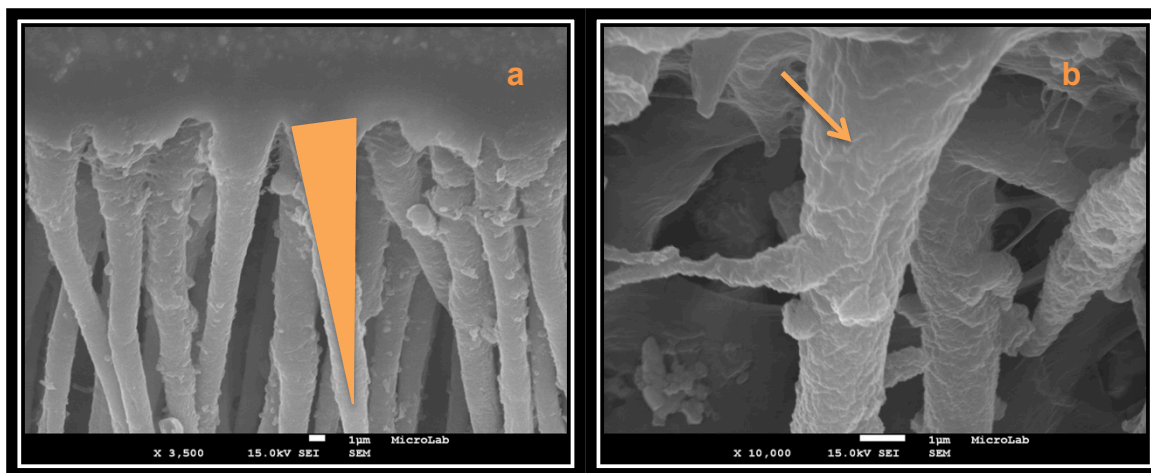


Figura 84 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM que mostram a interface adesiva do adesivo **Optibond SOLO Plus**, aplicado de forma *etch-and-rinse*. A imagem da esquerda mostra os prolongamentos em forma de funil e a imagem da direita para além de se tratar de uma maior ampliação da forma de funil, mostra também o aspeto irregular da superfície do prolongamento, típico de uma boa adaptação às paredes tubulares. Ampliação de 3500X (a) e de 10000X (b).

Todos os adesivos aplicados após condicionamento da dentina, infiltram a dentina em profundidade, com a formação de camada híbrida bem definida e de prolongamentos de resina abundantes (figura 85), que se anastomosam com maior ou menor frequência, dependendo do adesivo utilizado (figura 86 e 87).

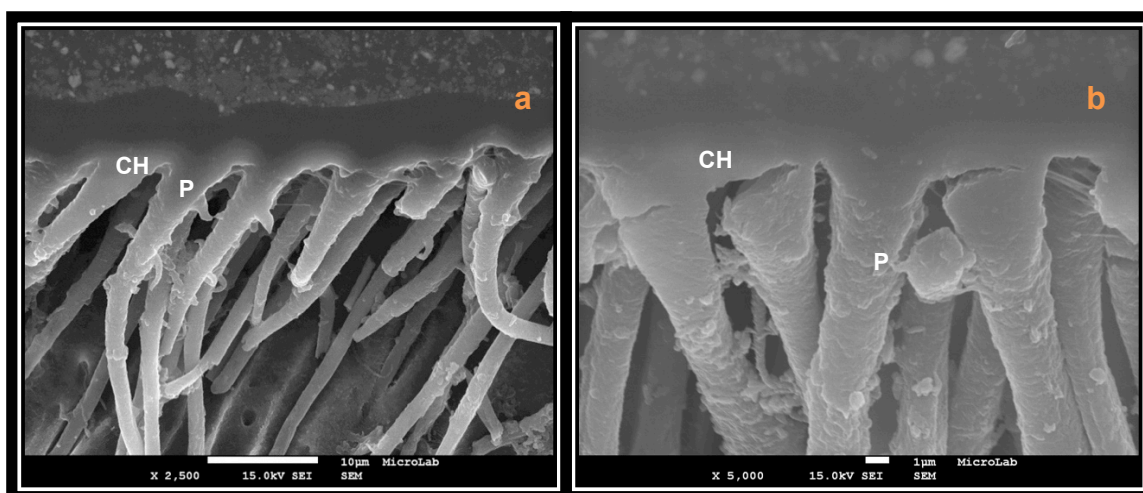


Figura 85 - Micrografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Scotchbond Universal** (a) e **Optibond SOLO Plus** (b) aplicado **após condicionamento ácido** em **dentina húmida**, onde é visível a região de interdifusão da resina na dentina (camada híbrida – CH) e a interdifusão da resina nos túbulos dentinários (prolongamentos de resina - P), desenhando a forma de um funil na sua região superior. Ampliação de 2500X (a) e 5000X (b).

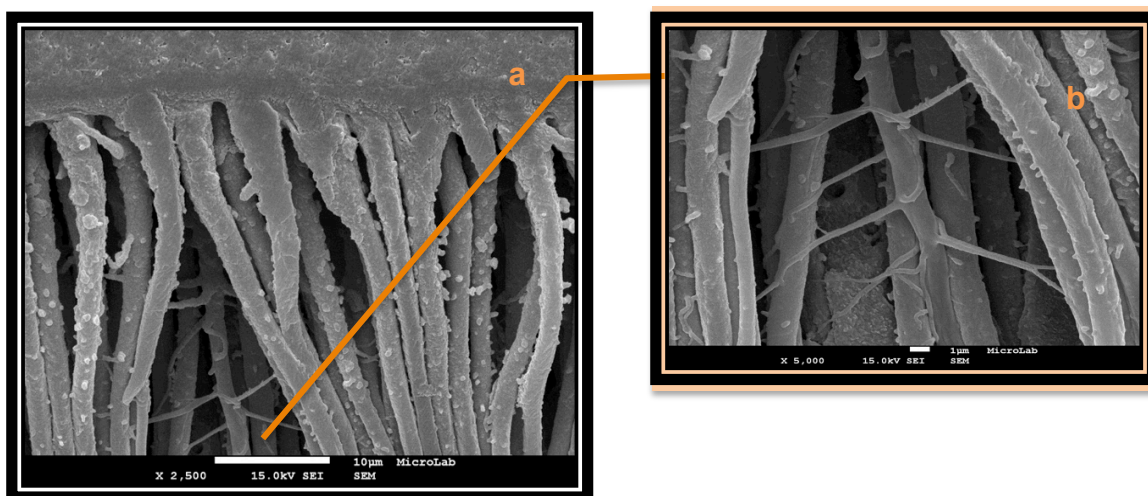


Figura 86 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal** que evidenciam a presença de anastomoses entre túbulos, ampliadas na imagem da direita. Ampliação de 2500X (a) e de 5000X (b).



Figura 87 - Micrografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Adhese Universal**, aplicado **após condicionamento ácido** em **dentina húmida**, evidenciando a presença de: a) prolongamentos de resina (P) abundantes e b) de prolongamentos laterais de resina (PL). Ampliação de 10000X.

No entanto, o condicionamento da dentina com ácido fosfórico promoveu uma profundidade de desmineralização por vezes excessiva, incapaz de ser totalmente penetrada pelos monómeros de resina, o que resultou em espaços vazios abaixo da camada híbrida, notados nas microfotografias que se seguem (figura 88). Nesta região estariam fibras de colagénio não envolvidas por resina e que foram degradadas pelo hipoclorito de sódio durante a desproteinização dos espécimes.

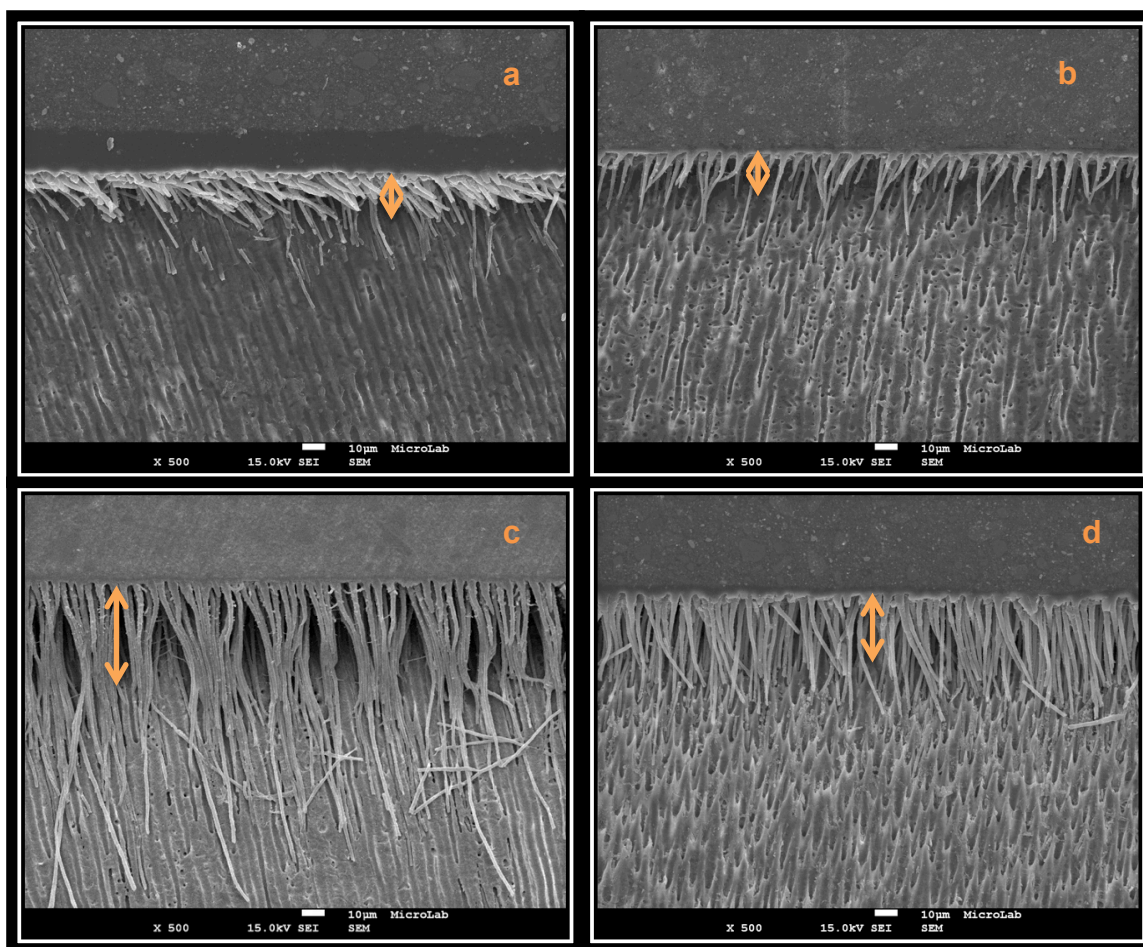


Figura 88 - Micrografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Scotchbond Universal** (a), **Futurabond U** (b), **Adhese Universal** (c) e **Optibond SOLO Plus** (d) aplicado após **condicionamento ácido** em **dentina húmida**, evidenciando a presença de um espaço vazio abaixo da camada híbrida (seta bidirecional), compatível com a presença de uma região de dentina desmineralizada não infiltrada por resina. Ampliações de 500X.

Em oposição, quando os mesmos adesivos universais foram aplicados segundo estratégia *self-etch* interagiram de uma forma mais superficial com a dentina. A camada híbrida formada nem sempre foi notória e quando individualizada, a sua espessura é menor do que a encontrada nos sistemas *etch-and-rinse*. Os prolongamentos de resina apresentaram-se estreitos e escassos e muitas vezes estão ausentes (figura 89). Ainda que, de uma forma geral, não se tenham verificado anastomoses entre prolongamentos vizinhos, essas anastomoses foram verificadas em alguns espécimes (figura 90).

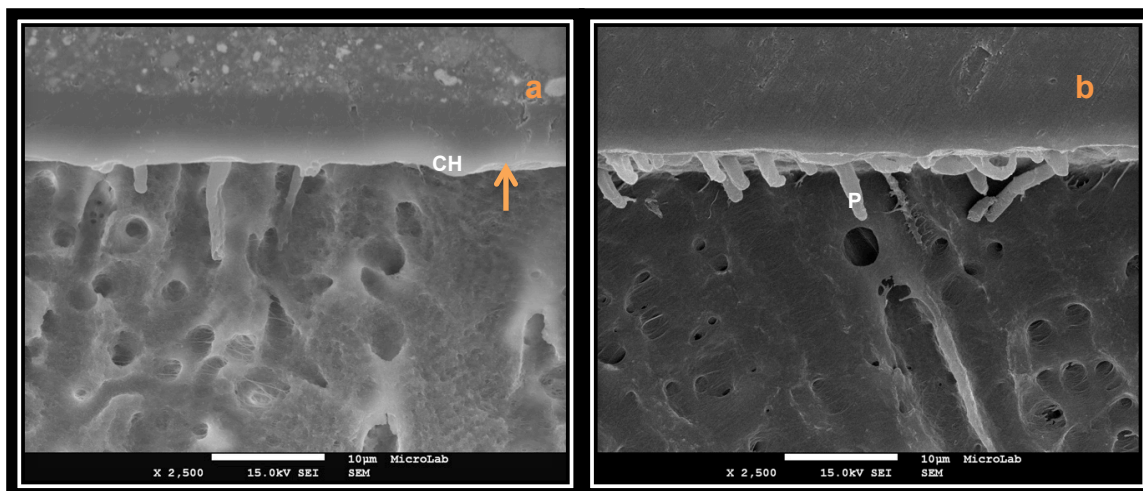


Figura 89 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM que mostram a interface adesiva promovida pelo adesivo **Futurabond U** (a) e pelo adesivo **Adhese Universal** (b) ambos aplicados **sem pré-condicionamento** da dentina, quando a dentina foi **seca** para a adesão. De notar a camada híbrida muito estreita (CH) e os prolongamentos de resina escassos (P). Ampliações de 2500X.

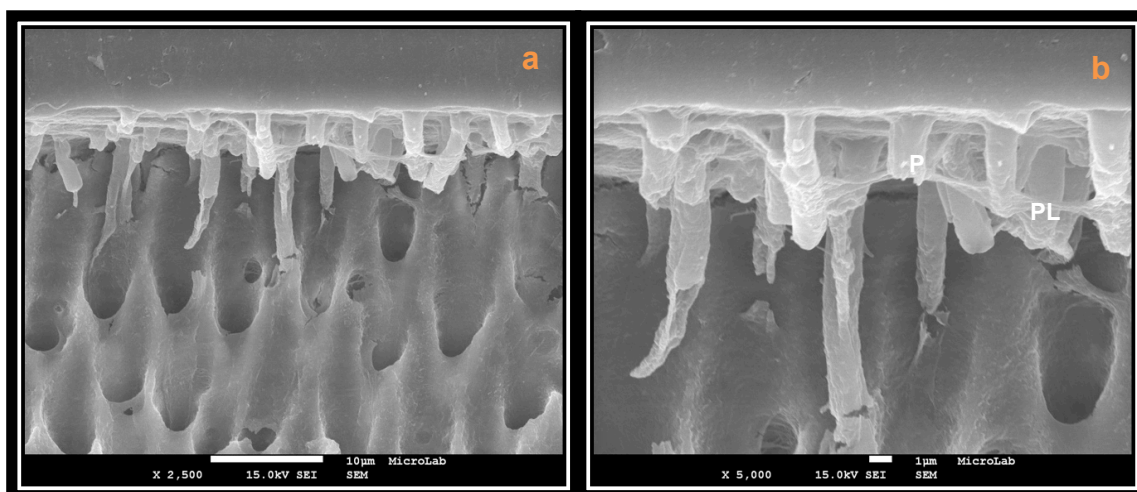


Figura 90 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM que mostram a interface adesiva promovida pelo adesivo **Scotchbond Universal**, segundo estratégia **self-etch**, em **dentina húmida**. De notar a presença de prolongamentos de resina (P) e de algumas anastomoses entre prolongamentos vizinhos (PL). Ampliação de 2500X (a) e de 5000X (b).

As microfotografias de FEG-SEM que se seguem (figuras 91 a 100) mostram a união entre a dentina e a resina composta mediada por cada grupo adesivo, de acordo com a sua estratégia de adesão.

Adesivo Scotchbond Universal

As microfotografias de FEG-SEM do adesivo SU aplicado de forma *etch-and-rinse* (figura 91), revelam a formação de uma camada híbrida qualitativamente muito aceitável, bem definida, sem poros ou fendas e uma camada adesiva uniforme. A interface de união encontra-se perfeitamente selada com inúmeros prolongamentos de resina, cuja região superior apresenta forma de funil. São também observados inúmeros prolongamentos laterais de resina.

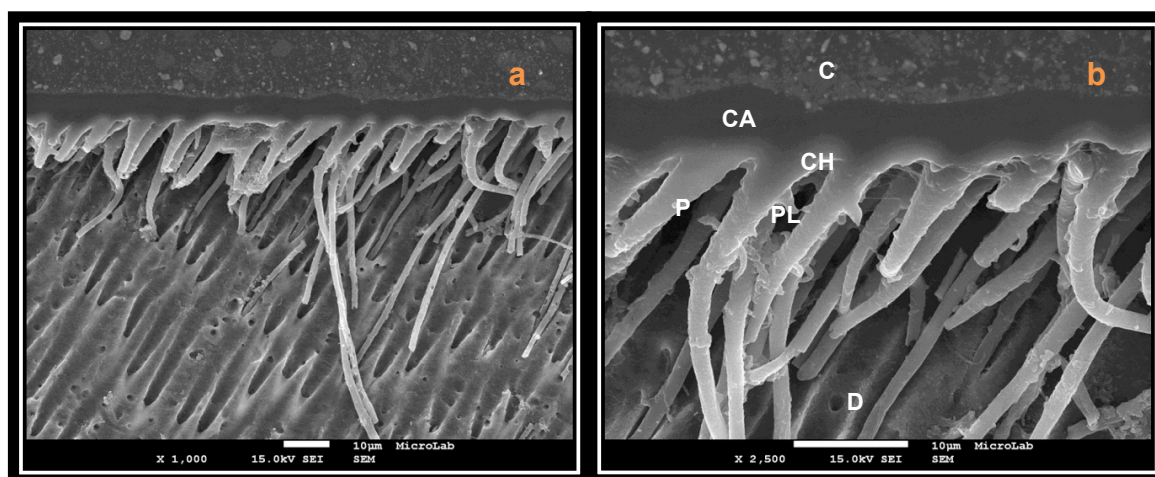


Figura 91 - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Scotchbond Universal**, aplicado **após condicionamento ácido** em **dentina húmida**, evidenciando a presença de camada híbrida (CH); de prolongamentos de resina abundantes (P) e de prolongamentos laterais de resina (PL). Pode ainda observar-se a camada adesiva (CA); a resina composta (C) e a dentina (D). Ampliação de 1000X e de 2500X (b).

Quando aplicado na sua versão *self-etch* (figura 92), o adesivo SU interage com a dentina de forma mais superficial, sendo a camada híbrida pouco evidente. No entanto, podem observar-se alguns prolongamentos de resina, mas sem sinais evidentes de hibridização das paredes laterais dos túbulos,

dada a sua largura e forma. A camada adesiva, manteve-se uniforme e sem poros.

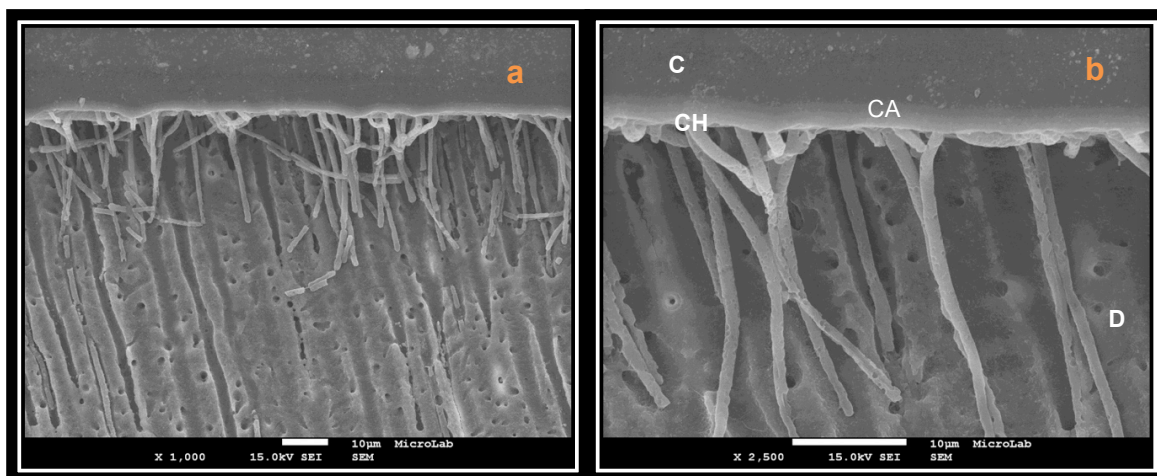


Figura 92 - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Scotchbond Universal**, aplicado segundo estratégia **self-etch**, em **dentina húmida**. Ampliação de 1000X (a) e de 2500X (d).

Adesivo Futurabond U

As microfotografias de FEG-SEM do adesivo universal FU aplicado de forma *etch-and-rinse* (figura 93), revelam a formação de uma camada híbrida qualitativamente aceitável e bem definida. A camada adesiva apresenta espessuras inconsistentes entre espécimes. Camadas adesivas espessas apresentam frequentemente poros no seu interior (figura 93 b).

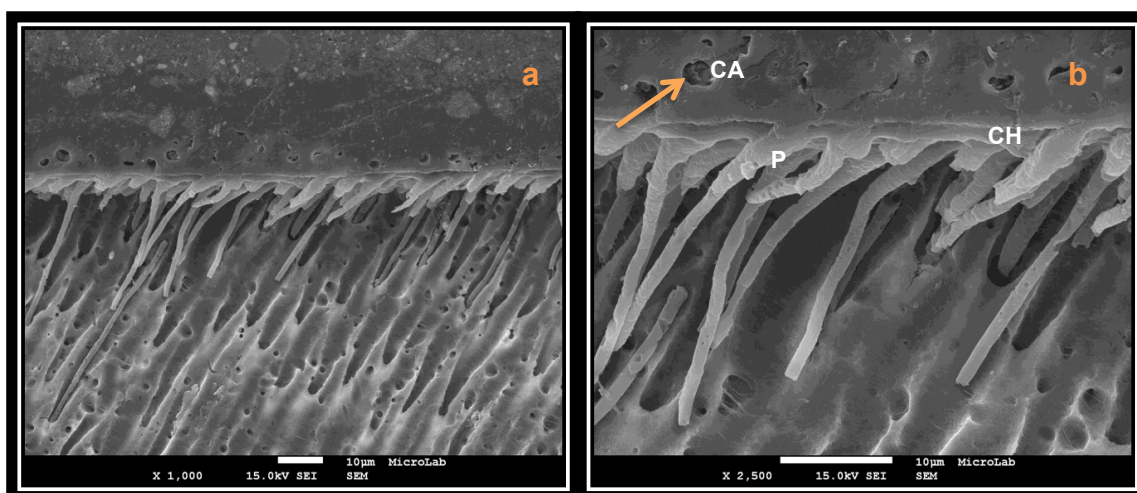


Figura 93 - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Futurabond U**, aplicado **após condicionamento ácido** em **dentina húmida**, evidenciando a camada híbrida (CH); os prolongamentos de resina (P) e a camada adesiva (CA) muito porosa (seta). Ampliação de 1000X (a) e de 2500X (b).

Quando a camada adesiva formada é fina, os poros são menos frequentes e localizam-se entre a camada adesiva pouco distinta e a resina composta (figura 94).

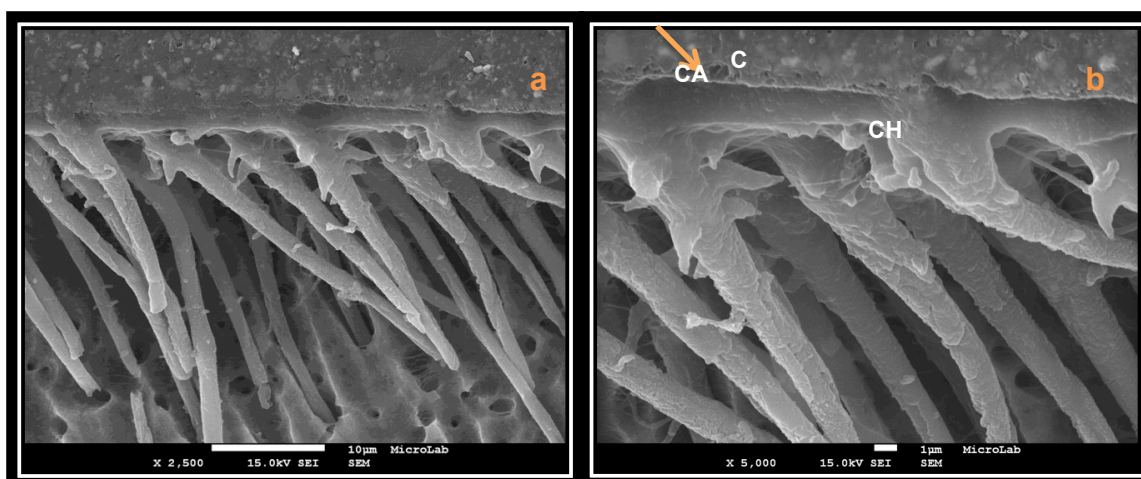


Figura 94 - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Futurabond U**, aplicado **após condicionamento ácido** em **dentina húmida**, evidenciando a espessura mínima da camada adesiva e a presença de poros entre a resina composta e a camada adesiva (seta). Ampliação de 2500X (a) e de 5000X (b).

A interface de união encontra-se perfeitamente selada com inúmeros prolongamentos de resina cuja região superior apresenta forma de funil. Observaram-se prolongamentos de resina laterais em alguns espécimes (figura 95).

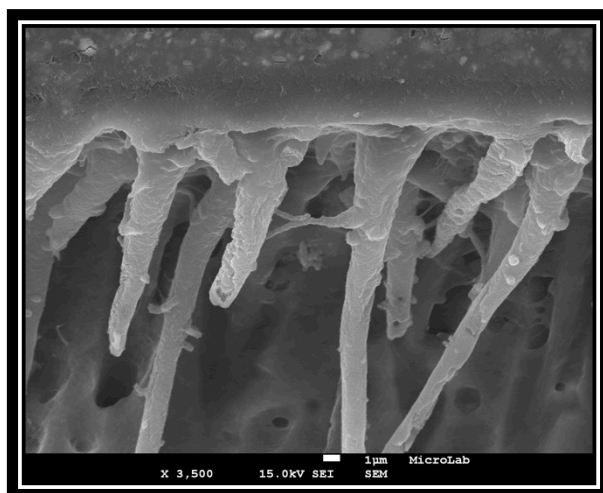


Figura 95 - Micrografia obtida em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U**, aplicado **após condicionamento ácido** em **dentina húmida**, evidenciando a presença de anastomoses de resina entre prolongamentos vizinhos. Ampliação de 3500X.

Quando aplicado na sua forma *self-etch*, o adesivo FU interage de forma superficial com a dentina. A camada híbrida não se consegue individualizar nas microfotografias. Os prolongamentos de resina, quando presentes, são muito curtos e escassos (figura 96), apesar de na maioria das vezes estarem mesmo ausentes. O adesivo FU aplicado de forma *self-etch* apresenta uma menor penetração na dentina comparativamente aos adesivos aplicados segundo a mesma estratégia de adesão.

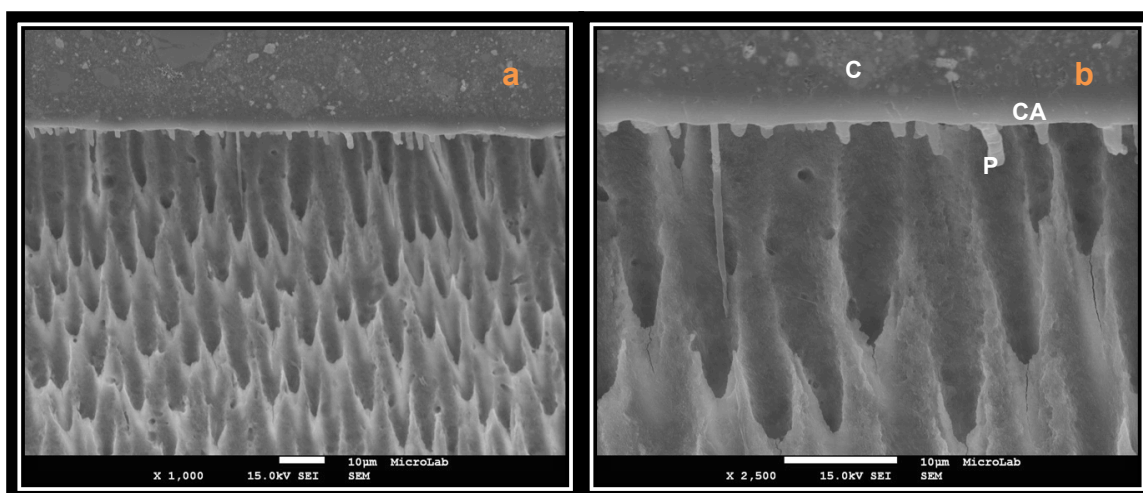


Figura 96 - Microfotografias obtidas da secção transversal da interface adesiva do espécime **Futurabond U**, aplicado segundo estratégia **self-etch**, em **dentina húmida**, evidenciando uma fina camada híbrida e camada adesiva e a presença de prolongamentos de resina (P) muito ocasionais. Pode ainda observar-se a resina composta (C), a camada adesiva (CA) e a dentina (D). Ampliação de 1000X (a) e de 2500X (b).

Adesivo Adhese Universal

As microfotografias de FEG-SEM do adesivo AU aplicado de forma *etch-and-rinse* (figura 97), revelam a formação de uma camada híbrida pouco espessa mas definida, uniforme, sem poros ou fendas e uma camada adesiva pouco evidente mas também ela uniforme. A interface de união encontra-se perfeitamente selada com inúmeros prolongamentos de resina cuja região superior apresenta forma de funil. É de notar a infiltração de resina nos túbulos laterais secundários (representados na microfotografia por um asterisco) e mesmo a hibridização total dos túbulos laterais que se anastomosam com prolongamentos de resina vizinhos (secção oval representada na microfotografia abaixo exposta).

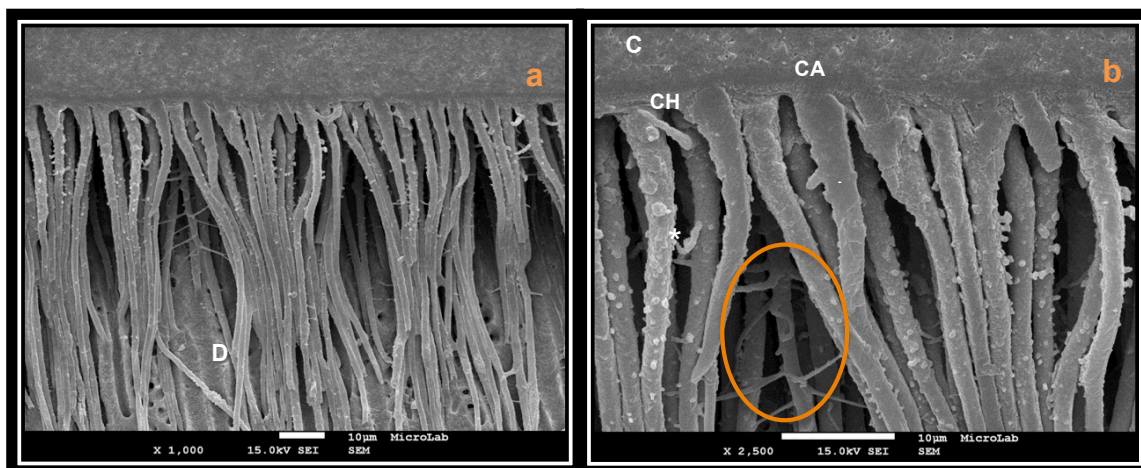


Figura 97 - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Adhese Universal**, aplicado **após condicionamento ácido** em **dentina húmida**, evidenciando a presença da camada híbrida (CH); de prolongamentos de resina abundantes (P) e de prolongamentos laterais de resina incompletos (asterisco) ou ligados a prolongamentos vizinhos (região oval). Pode ainda observar-se a camada adesiva (CA), a resina composta (C) e a dentina (D). Ampliação de 1000X (a) e de 2500X (b).

Quando o adesivo Adhese Universal foi aplicado na sua versão *self-etch* (figura 98), a camada híbrida é muito fina. No entanto, podem observar-se vários prolongamentos de resina curtos. De uma forma geral a camada adesiva é pouco nítida.

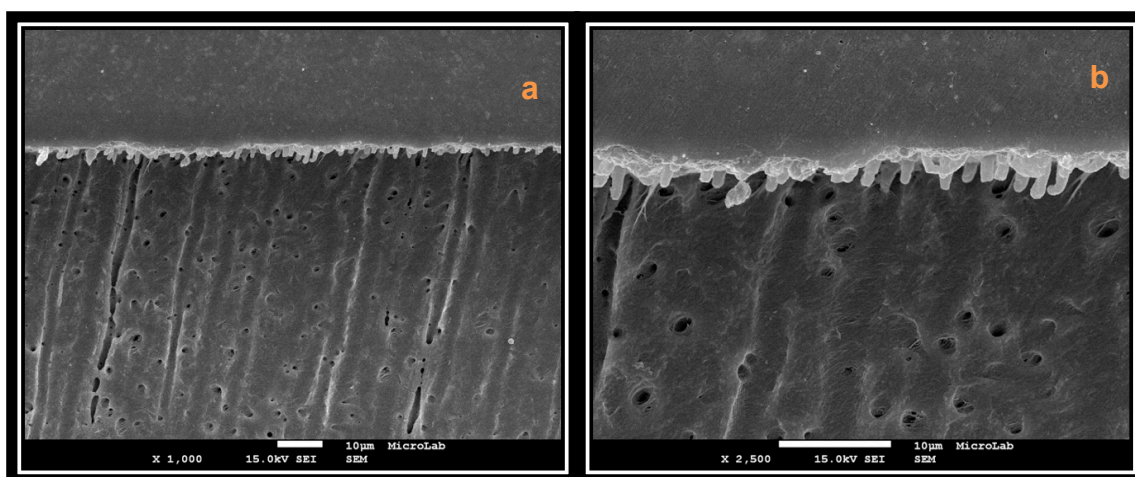


Figura 98 - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Adhese Universal**, aplicado segundo estratégia **self-etch**, em **dentina húmida**. São notados prolongamentos de resina curtos e uma zona impregnada de resina fina. Ampliação de 1000X (a) e de 2500X (b).

Adesivo controlo Optibond SOLO Plus

As microfotografias de FEG-SEM do adesivo controlo da técnica *etch-and-rinse* (figura 99), revelam a formação de uma camada híbrida definida, de qualidade, sem poros ou fendas e uma camada adesiva pouco espessa, mas uniforme. É notada a presença de inúmeros prolongamentos de resina com pescoço em forma de funil e em continuidade com a camada adesiva. São também notados alguns locais de hibridização lateral dos túbulos dentinários secundários.

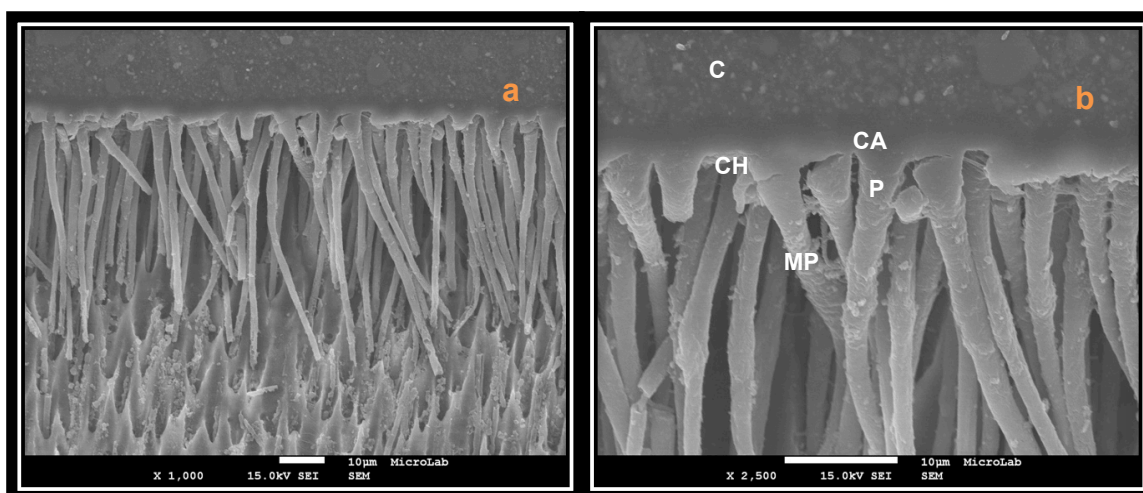


Figura 99 - Micrografias obtidas em FEG SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo controlo da técnica *etch-and-rinse*, **Optibond SOLO Plus** aplicado em **dentina húmida**, evidenciando a presença de camada híbrida (CH); de prolongamentos de resina abundantes (P) e de prolongamentos laterais de resina (MP). Pode ainda observar-se a camada adesiva (CA); a resina composta (C) e a dentina (D). Ampliação de 1000X (a) e de 2500X (b).

Adesivo controlo Clearfil SE Bond

As microfotografias de FEG-SEM do adesivo controlo da técnica *self-etch* (figura 100), mostram uma camada adesiva espessa e uniforme. A camada adesiva formada por este adesivo apresenta espessuras maiores do que qualquer outro adesivo estudado na versão *self-etch* e, muitas vezes, mesmo maior do que os adesivos aplicados segundo estratégia *etch-and-rinse*. É notada a presença de uma camada híbrida individualizada e também de alguns prolongamentos de resina, embora não hibridizados aos prolongamentos de resina vizinhos.

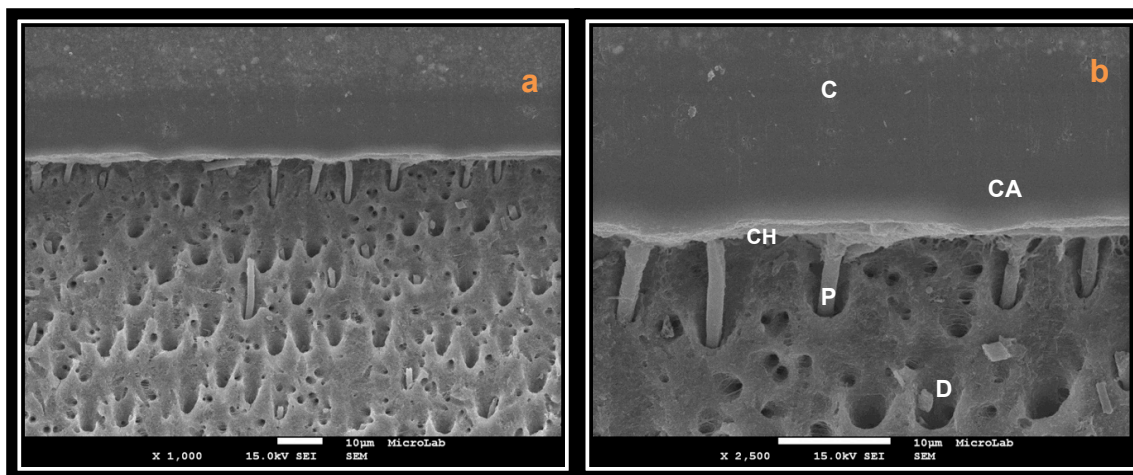


Figura 100 - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **self-etch** de dois passos, **Clearfil SE Bond**, em **dentina húmida**, evidenciando a presença de uma zona impregnada de resina (CA) e alguns prolongamentos de resina (P). Pode ainda observar-se uma camada adesiva espessa e nítida (CA), a resina composta (C) e a dentina (D). Ampliação de 1000X (a) e de 2500X (b).

3.4.2 Caracterização da interface adesiva obtida nas diferentes condições de humidade da dentina.

Pela análise das microfotografias representativas de cada grupo adesivo aplicado segundo diferentes condições de humidade da dentina verifica-se que, secar a dentina ou deixá-la hidratada antes do procedimento adesivo pode influenciar alguns aspetos ultramorfológicos da interface adesiva, em especial quando os adesivos são aplicados na sua versão *etch-and-rinse*.

Secar a dentina após lavagem do ácido fosfórico parece reduzir a infiltração da resina adesiva pela dentina. A camada híbrida, regra geral parece mais fina, os prolongamentos de resina mais curtos e a camada adesiva aparece mais espessa. São também notadas menos anastomoses entre prolongamentos de resina vizinhos (figuras 101 a 104).

Nos adesivos que não apresentam água na sua constituição, como no adesivo Futurabond U e no adesivo Optibond SOLO Plus as alterações ultramorfológicas descritas são mais evidentes. Nestes adesivos, quando a

dentina é seca, os prolongamentos de resina apresentam ainda um estreitamento na sua região mais superior (figura 104).

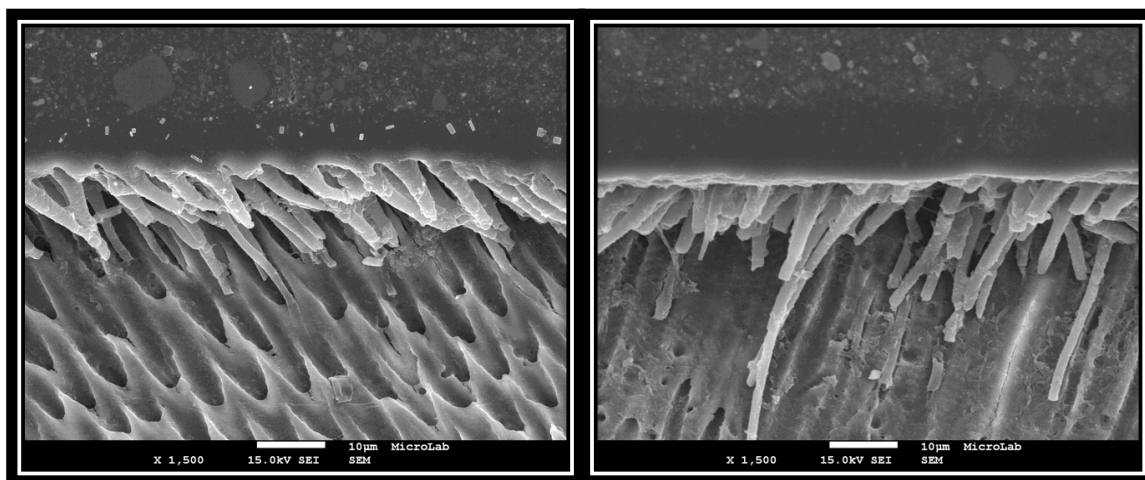


Figura 101 - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal**, versão **etch-and-rinse**, em **dentina húmida** (à esquerda) e em **dentina seca** (à direita) mostrando as semelhanças entre a ultramorfologia da interface adesiva conseguida nas duas diferentes condições de humidade da dentina. Ampliações de 1500X.

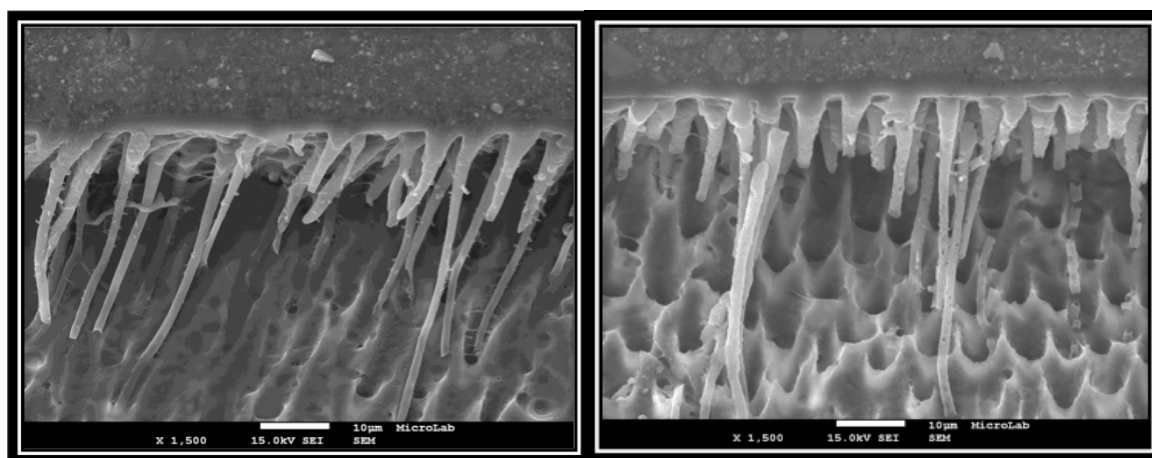


Figura 102 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U** em **dentina húmida** (à esquerda) e em **dentina seca** (à direita). Na dentina seca observam-se prolongamentos de resina mais curtos e com constrição superior (asterisco). As anastomoses entre prolongamentos são menos abundantes e a camada adesiva ligeiramente mais espessa quando a dentina é mantida seca. Ampliações de 1500X.

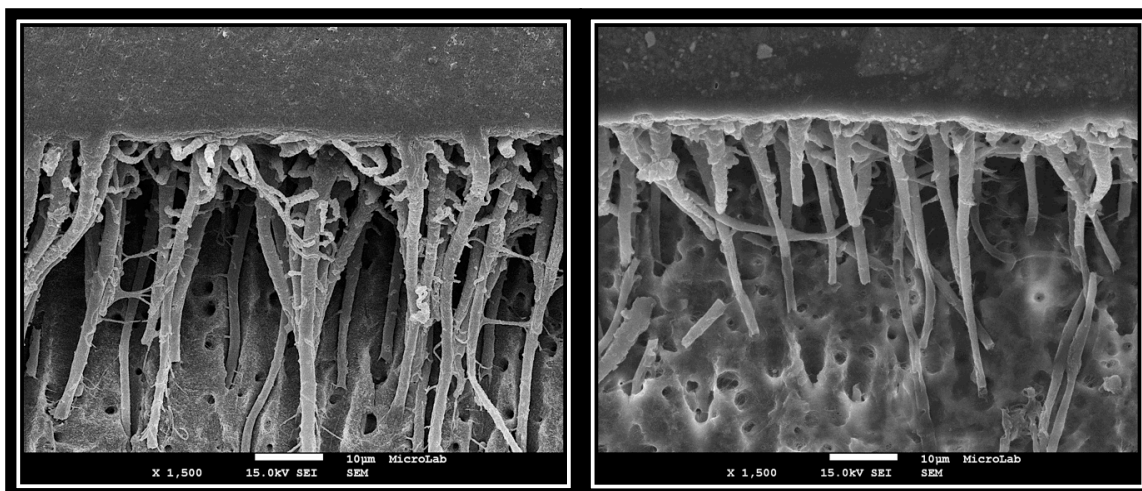


Figura 103 - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal**, aplicado segundo estratégia **etch-and-rinse**, em **dentina húmida** (à esquerda) e em **dentina seca** (à direita). Na dentina seca observam-se prolongamentos de resina mais curtos. As anastomoses entre prolongamentos são menos abundantes e a camada adesiva ligeiramente mais espessa quando a dentina é mantida seca. Ampliações de 1500X.

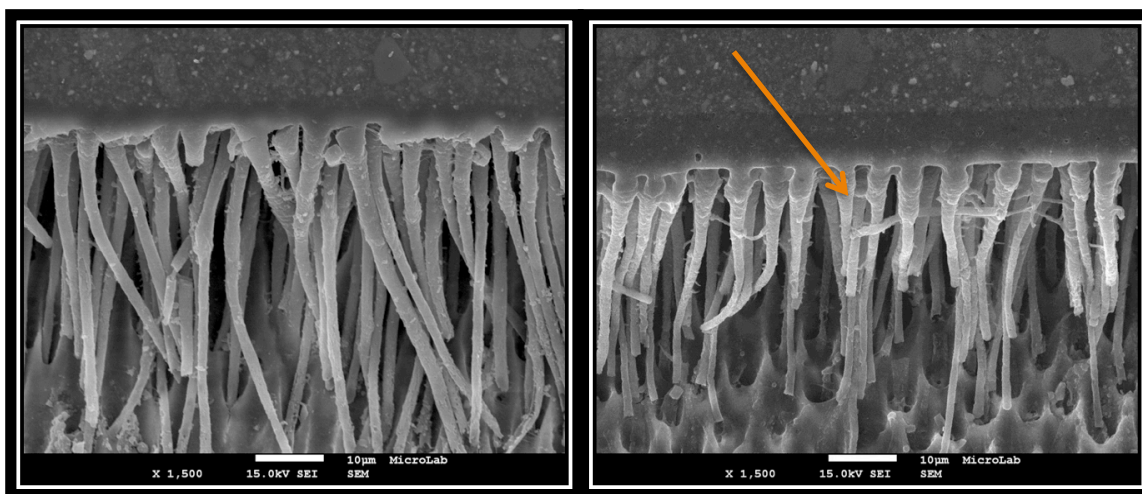


Figura 104 - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Optibond SOLO Plus** em **dentina húmida** (à esquerda) e em **dentina seca** (à direita). Na dentina seca observam-se prolongamentos de resina mais curtos e com constrição superior. As anastomoses entre prolongamentos são menos abundantes e a camada adesiva ligeiramente mais espessa quando a dentina é mantida seca. Ampliações de 1500X.

A constrição ao nível da região superior dos prolongamentos de resina é acompanhada em alguns espécimes de prolongamentos de resina ocus ou com poros, como revela a figura 105.

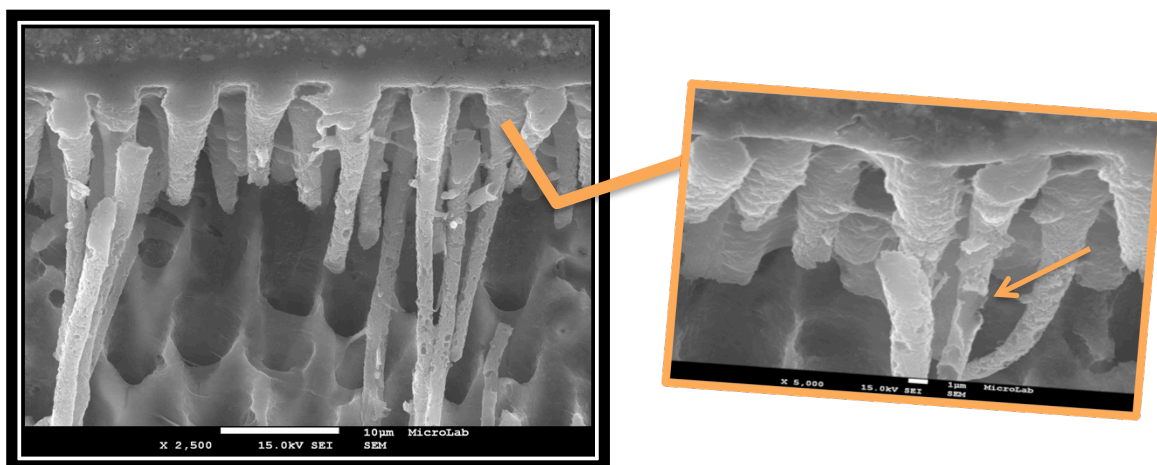


Figura 105 - Microfotografias obtidas da interface adesiva do adesivo **Futurabond U** em **dentina seca**, após **condicionamento ácido** (ampliação de 2500X). Note-se a porosidade na superfície dos prolongamentos, em destaque na figura da direita (ampliação de 5000X).

Quando os adesivos universais são aplicados de forma *self-etch* e do mesmo modo para o adesivo Clearfil SE Bond, adesivo controlo dessa mesma estratégia de adesão, manter a dentina seca ou húmida para a adesão não parece afetar de forma significativa a ultramorfologia da interface adesiva. Ainda assim, é de notar uma maior penetração de resina pelos túbulos dentinários, traduzida em prolongamentos de resina mais compridos quando a dentina é deixada húmida para adesão. A secagem da dentina resulta em camadas adesivas mais espessas, em particular para o adesivo Clearfil SE Bond. As imagens que se seguem evidenciam a ultramorfologia dos adesivos aplicados segundo estratégia *self-etch* (figuras 106 e 109).

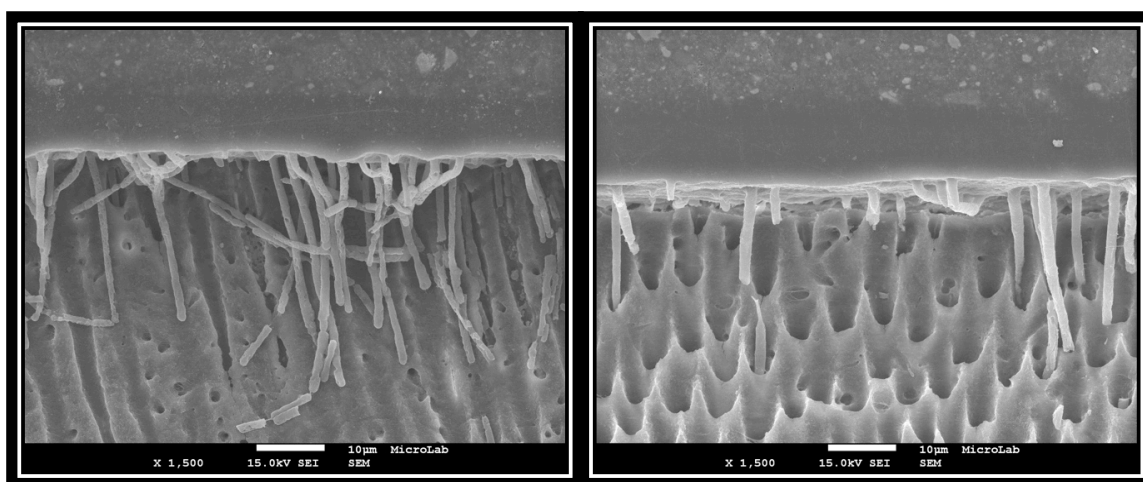


Figura 106 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal** em **dentina húmida** (à esquerda) e em **dentina seca** (à direita). Quando a dentina é seca são notados menos e mais curtos prolongamentos de resina, bem como uma maior espessura da camada adesiva. Ampliações de 1500X.

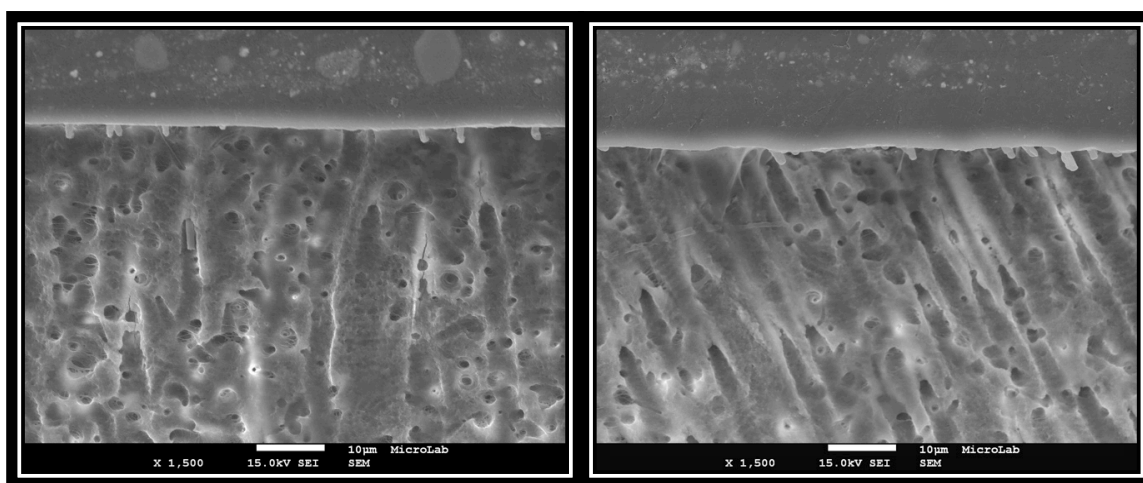


Figura 107 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U** em **dentina húmida** (à esquerda) e em **dentina seca** (à direita). É de notar uma maior espessura de adesivo quando a dentina é seca. Ampliações de 1500X.

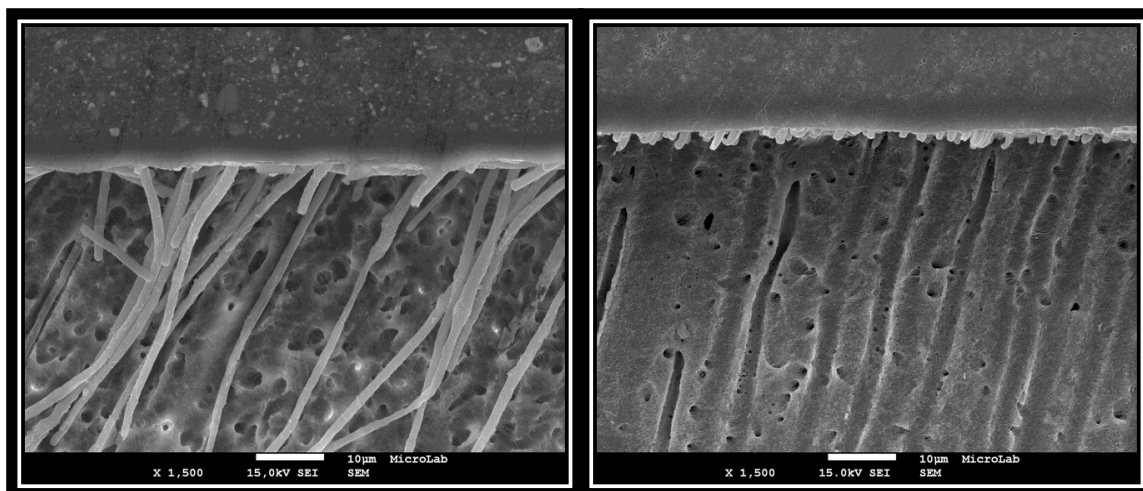


Figura 108 - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal**, aplicado segundo estratégia **self-etch**, em **dentina húmida** (à esquerda) e em **dentina seca** (à direita). Na dentina seca observam-se prolongamentos de resina muito curtos e uma camada adesiva ligeiramente mais espessa do que a encontrada na dentina húmida. Ampliações de 1500X.

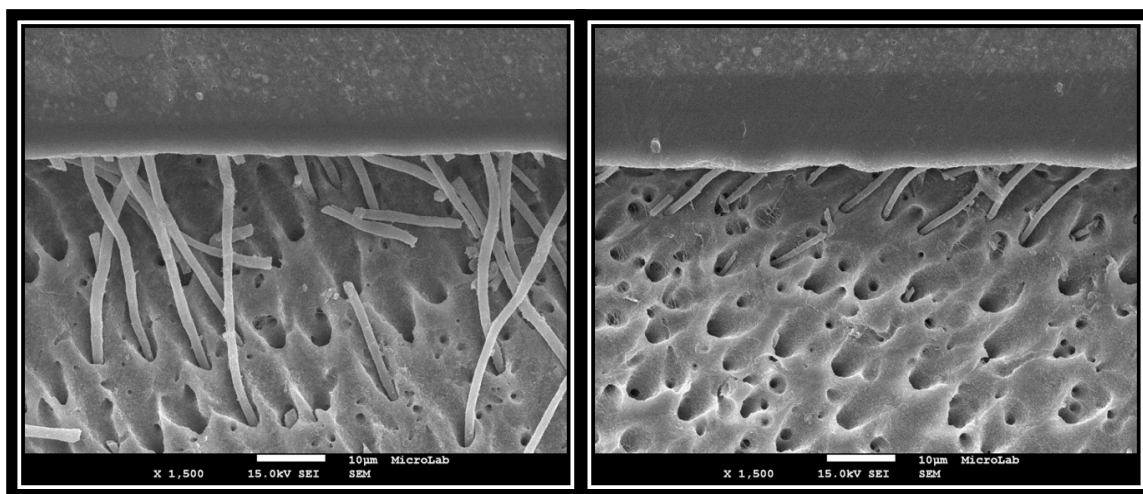


Figura 109 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Clearfil SE Bond**, em **dentina húmida** (à esquerda) e em **dentina seca** (à direita). É de notar a maior espessura da camada adesiva e o menor comprimento dos prolongamento de resina, quando a dentina é seca, conforme o recomendado pelo fabricante. Ampliações de 1500X.

3.4.3 Caracterização da interface adesiva após 6 meses de envelhecimento artificial.

As microfotografias de FEG-SEM obtidas após armazenamento dos espécimes foram comparadas, de forma descritiva, com as microfotografias obtidas às 24 h, para cada grupo adesivo, por forma a salientar aspetos relevantes causados pelo envelhecimento.

Seis meses de envelhecimento artificial foi suficiente para que, na maioria dos espécimes se verificassem alterações ultramorfológicas na interface adesiva decorrentes de uma eventual degradação da interface adesiva. Os espécimes envelhecidos apresentaram irregularidades visíveis na superfície da camada híbrida e por vezes também na superfície da camada adesiva, prolongamentos de resina fraturados ou perdidos e em alguns espécimes foram encontradas delaminações da interface adesiva. O adesivo Futurabond U foi o adesivo que mais frequentemente apresentou áreas de delaminação da interface adesiva.

De uma forma geral, foram notadas mais alterações quando os adesivos foram aplicados após condicionamento ácido da dentina, isto é, quando os adesivos foram aplicados de forma *etch-and-rinse*. Nesta estratégia, foi também notada degradação abaixo da camada híbrida, inferida a partir do aumento do espaço correspondente à discrepância entre a profundidade de desmineralização do ácido e a penetração da resina. Esse aumento foi mais notório quando a dentina foi seca antes do procedimento adesivo.

As imagens (figuras 110 a 131) que se seguem evidenciam os sinais do envelhecimento da interface adesiva após 6 meses de armazenamento dos espécimes.

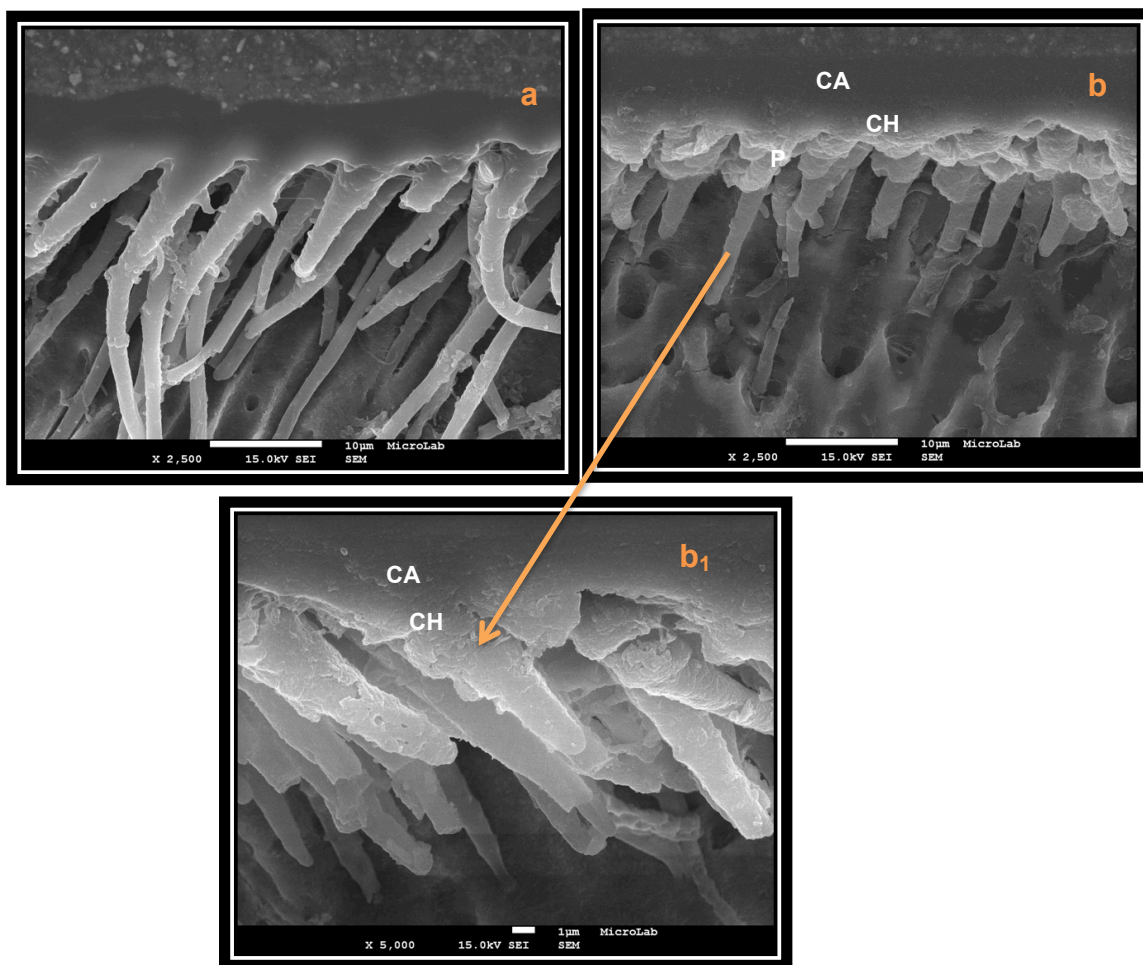


Figura 110 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal**, aplicado de forma **etch-and-rinse** em dentina **húmida**: a) às **24 h** e b) após **6 meses** de envelhecimento artificial. Note-se na imagem b, os prolongamentos de resina (P) fraturados bem como o aspeto irregular da camada híbrida (CH) e da camada adesiva (CA). Ampliações de 2500X (a e b). Note-se na imagem b₁, uma maior ampliação (5000X) do espécime envelhecido que evidencia a degradação, essencialmente, da camada híbrida e da superfície dos prolongamentos de resina.

Quando a dentina é seca após lavagem do agente condicionante, parece haver um espaço vazio abaixo da camada híbrida (representado na imagem com uma seta bidirecional) ligeiramente maior do que nas microfotografias obtidas às 24 h (figura 111). São notadas também irregularidades na camada adesiva e na camada híbrida do espécime envelhecido durante 6 meses.

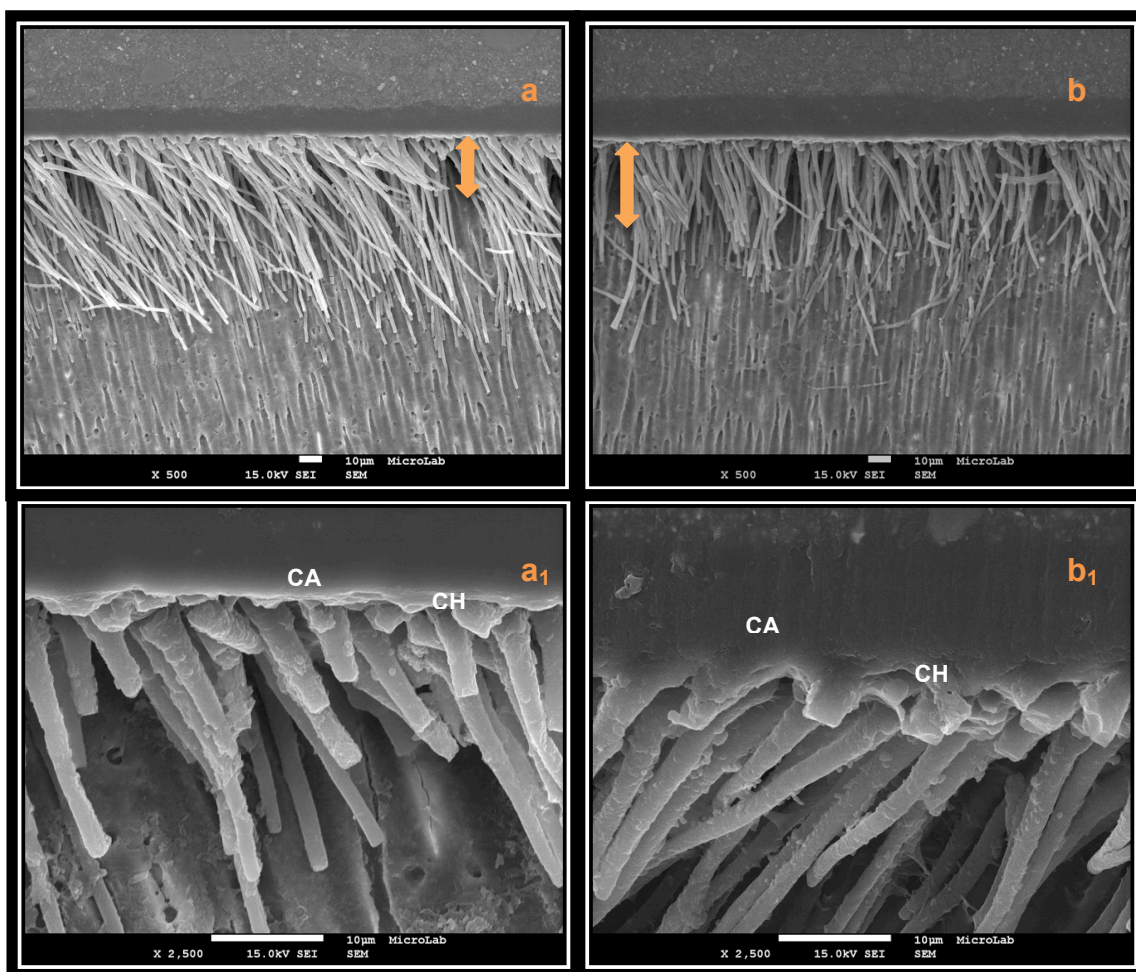


Figura 111 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal**, aplicado de forma **etch-and-rinse** em dentina **seca**: a e a₁ às **24 h** e b e b₁ após **6 meses** de envelhecimento artificial. Note-se na imagem b um espaço vazio ligeiramente maior abaixo da camada híbrida face à imagem obtida em a (representado por uma seta bidirecional). As imagem a₁ e b₁, são ampliações dos espécimes representados em a e b e pretendem mostrar o aspeto irregular da camada híbrida (CH) e camada adesiva (CA) após 6 meses de envelhecimento. Ampliações de 500X (a e b) e de 2500X (a₁ e b₁).

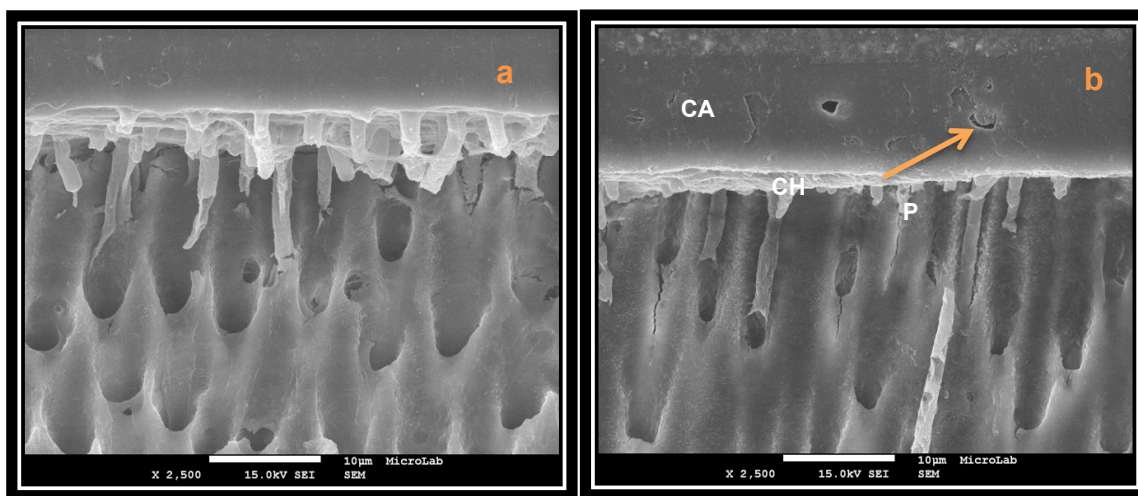


Figura 112 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal**, de forma **self-etch** em dentina **húmida** às **24 h** (a) e ao final de **6 meses** de armazenamento (b). Note-se na imagem b os prolongamentos de resina (P) fraturados, bem como a presença de alguns poros na camada adesiva (seta) e o aspeto irregular da camada adesiva (CA) e da camada híbrida (CH). Ampliações de 2500X.

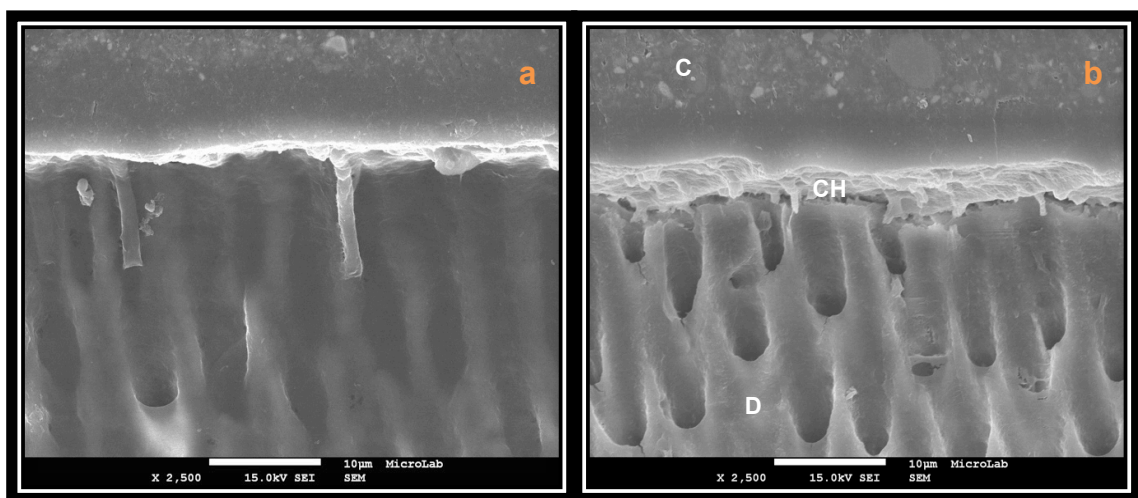


Figura 113 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal**, de forma **self-etch** em dentina **seca** às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Note-se na imagem b a presença de uma fenda entre a região infiltrada por resina (CH) e a dentina subjacente (D). Ampliações de 2500X.

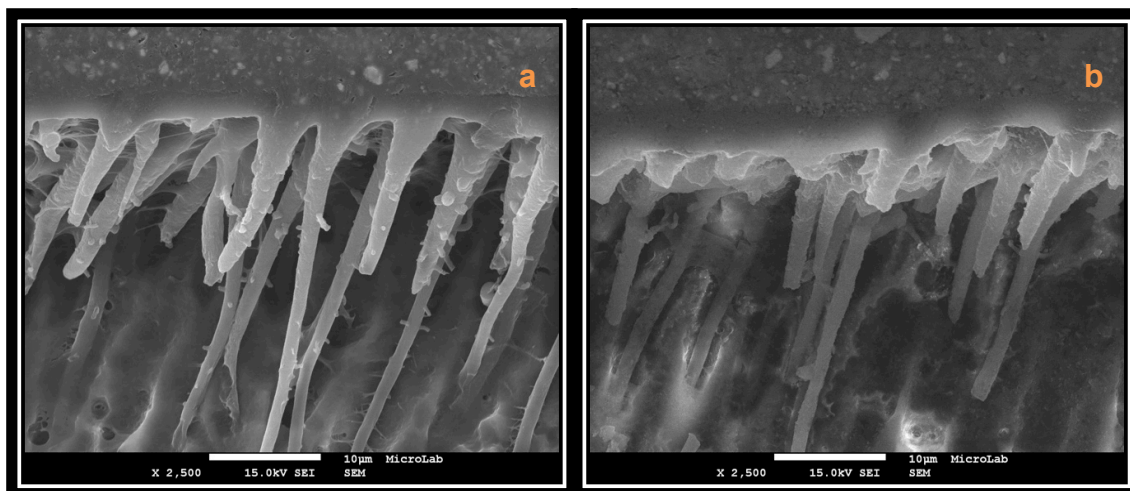


Figura 114 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U**, de forma **etch-and-rinse** em dentina **húmida**, às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Note-se na imagem b a presença de prolongamentos destruídos. Ampliações de 2500X.

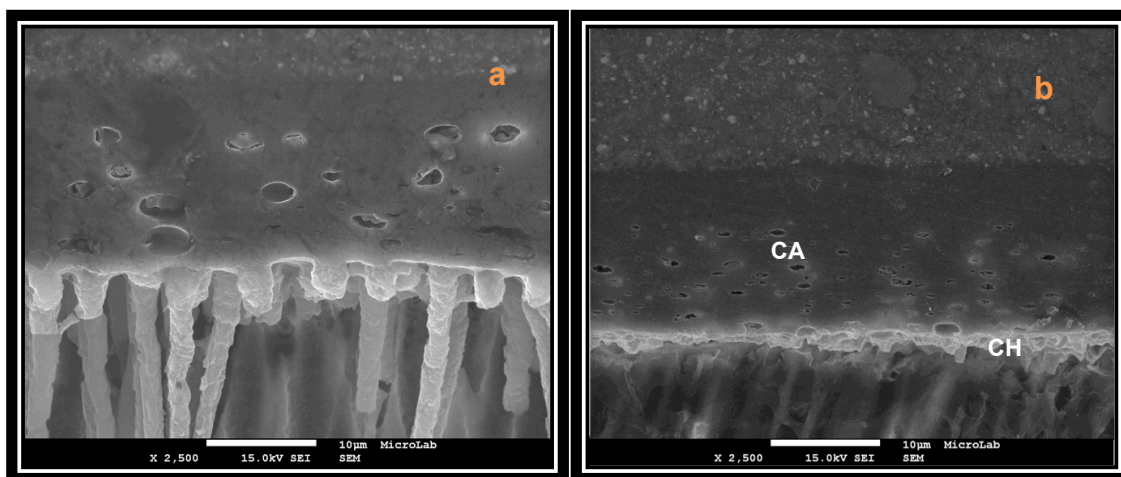


Figura 115 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U**, de forma **etch-and-rinse** em dentina **seca** às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Note-se na imagem b a presença a destruição dos prolongamentos de resina e as porosidades da camada híbrida. As porosidades da camada adesiva já se encontravam nos espécimes fotografados às 24 h. Apesar de na microfotografia b os poros na camada adesiva serem mais abundantes, tal facto pode dever-se apenas à região da interface adesiva vista em b ser diferente da região vista em a e não ao facto dos poros terem aumentado em número. Ampliações de 2500X.

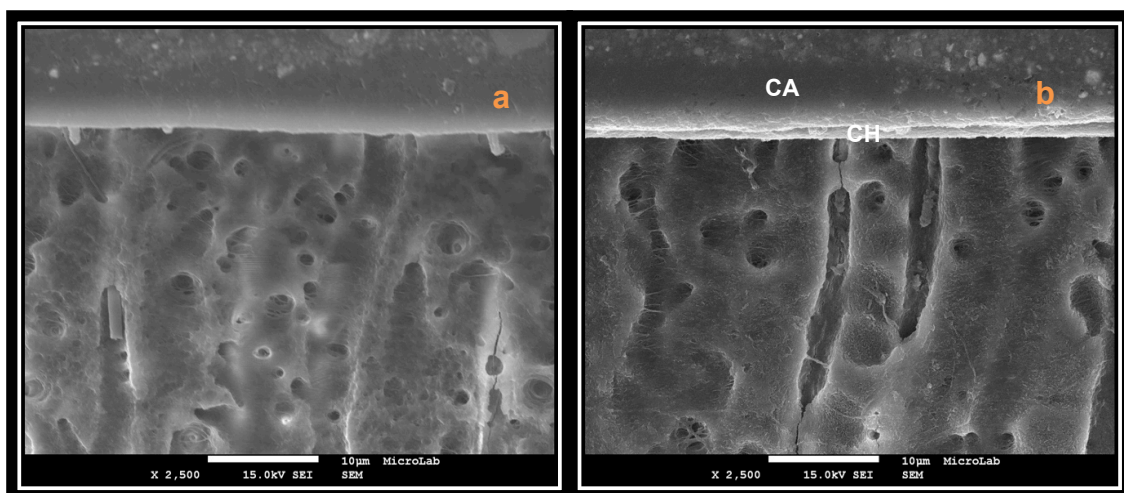


Figura 116 – Microfotografia obtida em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U**, de forma **self-etch** em dentina **húmida** às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). A imagem obtida aos 6 meses denota uma grande destruição da camada adesiva (CA) e camada híbrida (CH). Ampliações de 2500X.

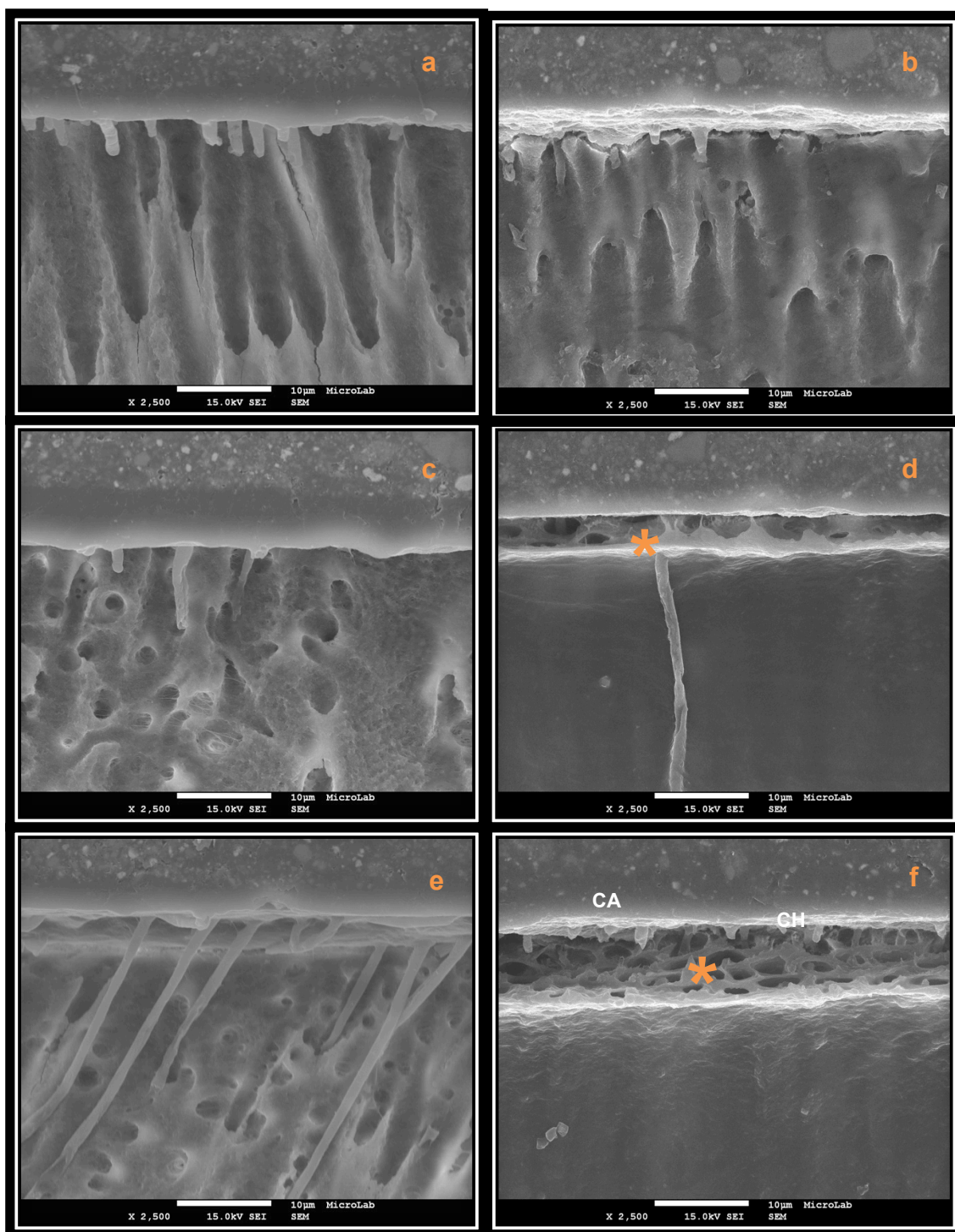


Figura 117 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U**, de forma **self-etch** em **dentina seca** às **24 h** (a, c e e) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b, d e f). As imagens obtidas aos 6 meses denotam uma grande destruição da camada híbrida (CH), da camada adesiva (CA) e áreas de delaminação entre a camada híbrida e a dentina subjacente (asteriscos). Note-se que às 24 h já era possível observar áreas de delaminação da interface (e). Ampliações de 2500X.

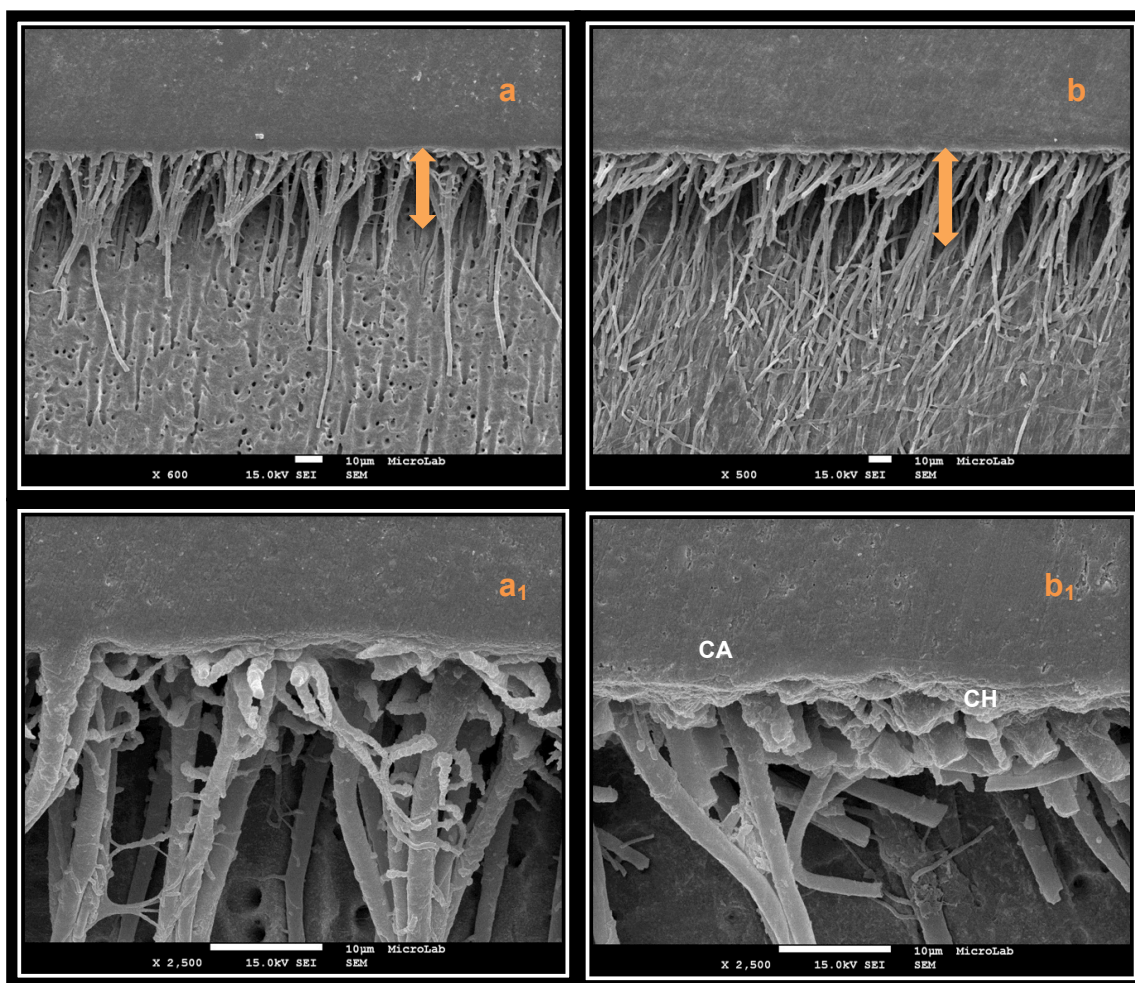


Figura 118 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal**, de forma *etch-and-rinse* em **dentina húmida** às **24 h** (a e a₁) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b e b₁). É notado um aumento do espaço abaixo da camada híbrida, não infiltrado por resina após 6 meses de envelhecimento (b), face ao encontrado na microfotografia obtida às 24 h (a). A imagem a₁ e b₁ correspondem a ampliações das regiões anteriores. É notória a degradação da superfície da camada híbrida (CH) e da camada adesiva (CA) na microfotografia obtida aos 6 meses de avaliação. Ampliações de 500X (a e b) e de 2500X (a₁ e b₁).

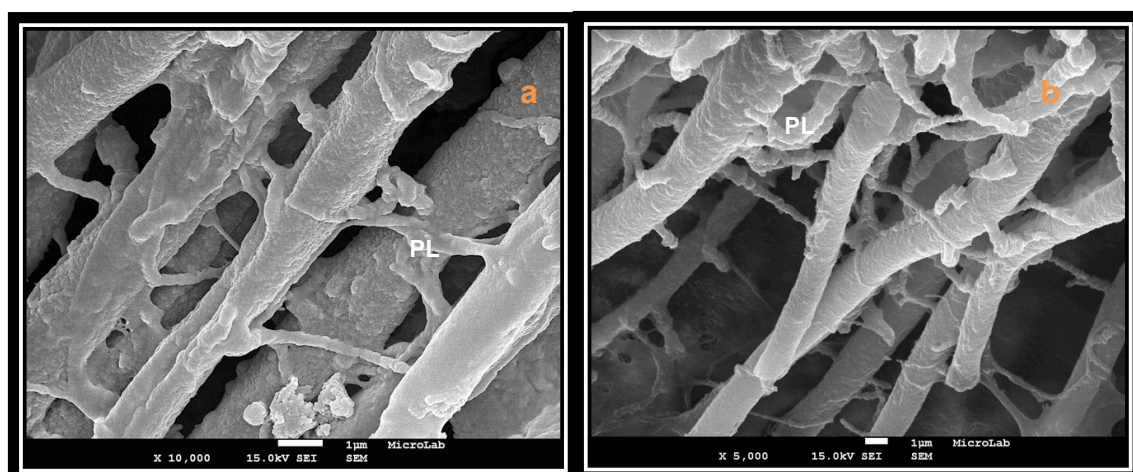


Figura 119 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal**, de forma *etch-and-rinse* em **dentina húmida** às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). As imagens obtidas mostram a presença dos prolongamentos de resina laterais (PL), mesmo após 6 meses de envelhecimento dos espécimes. Ampliação de 10000X (a) e de 5000X (b).

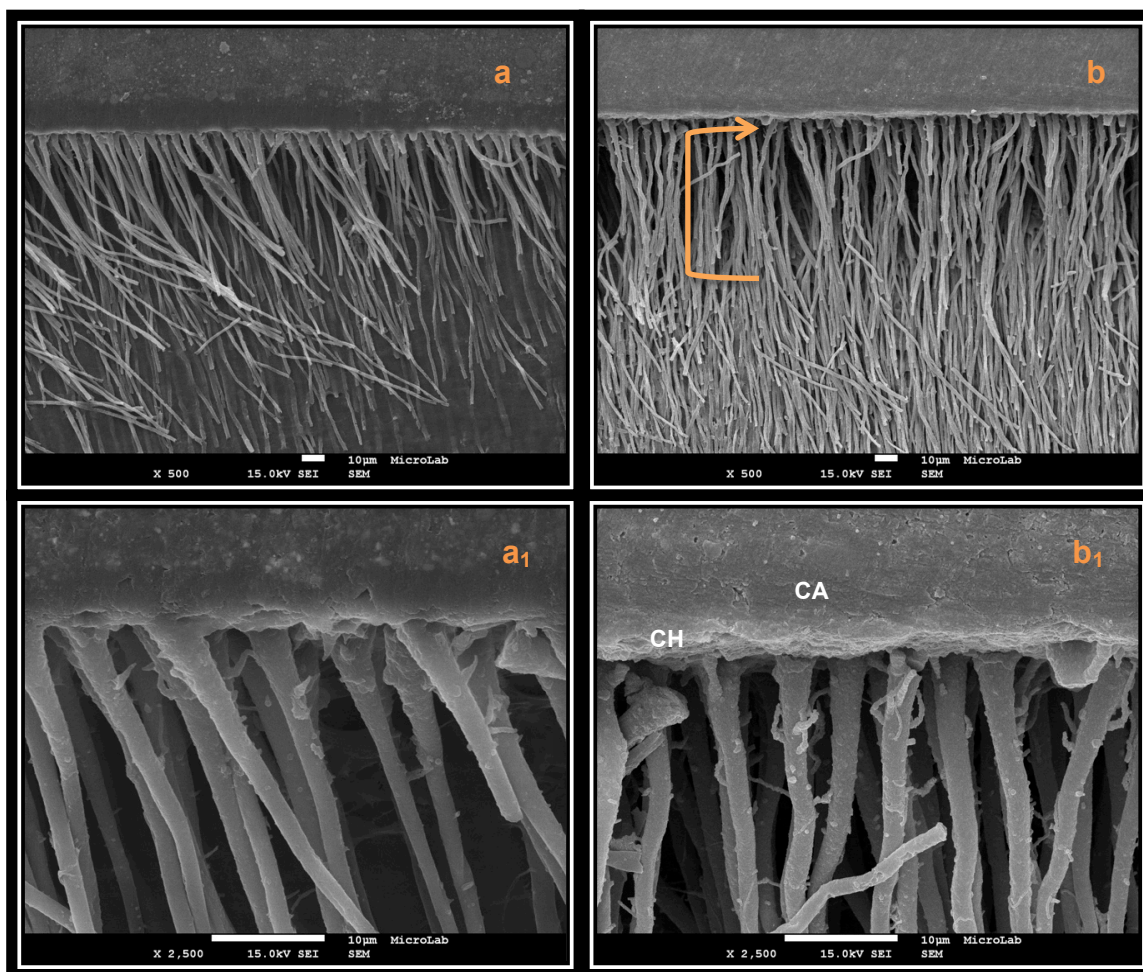


Figura 120 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal**, de forma *etch-and-rinse* em **dentina seca** às **24 h** (a e a₁) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b e b₁). A comparação das microfotografias a e b parece mostrar um aumento do espaço vazio (seta bidirecional) abaixo da camada híbrida após 6 meses de envelhecimento. As imagens b₁ e b₂ são ampliações das imagens anteriores e evidenciam a degradação da superfície da camada híbrida (CH) e da camada adesiva (CA). Ampliações de 500X (a e b) e de 2500X (a₂ e b₂).

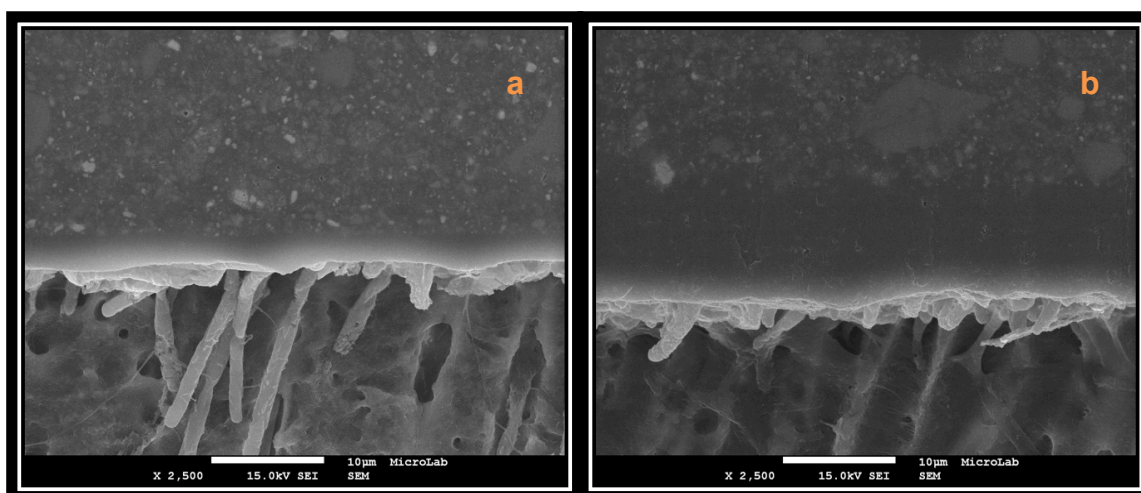


Figura 121- Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal**, de forma **self-etch** em **dentina seca** às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Não são notadas diferenças significativas na ultramorfologia entre os dois tempos de avaliação. Ampliações de 2500X.

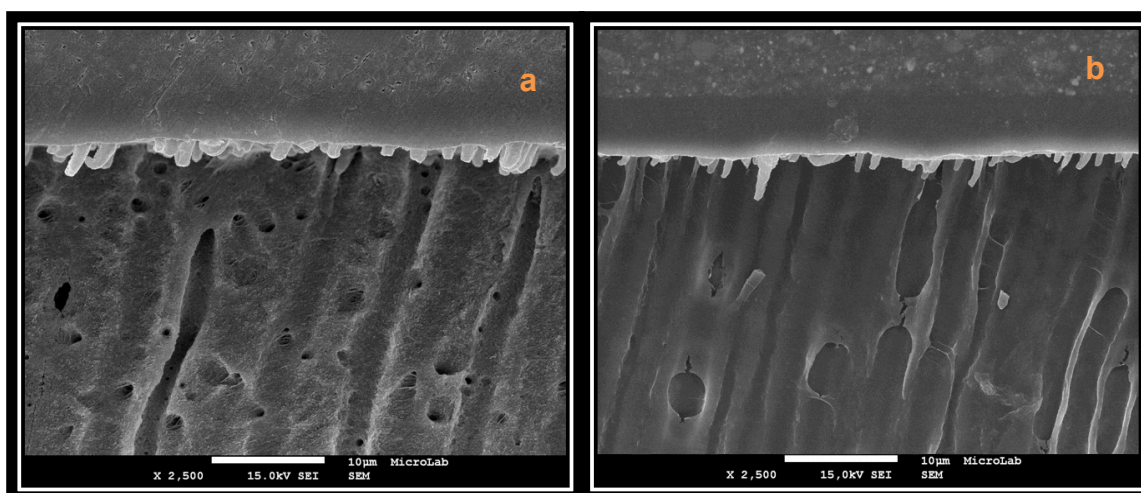


Figura 122 - Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal**, de forma **self-etch** em **dentina seca** às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Não são notadas diferenças significativas na ultramorfologia entre os dois tempos de avaliação. Ampliações de 2500X.

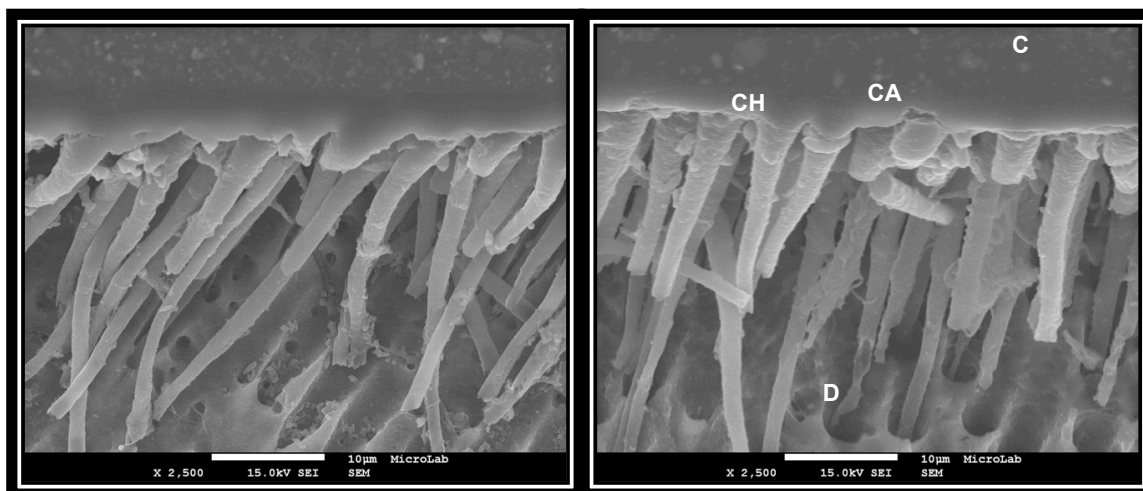


Figura 123 - Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Optibond SOLO Plus**, de forma **etch-and-rinse** em **dentina húmida**: às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Com o envelhecimento é notado algum envelhecimento da base da camada híbrida (CH) e na camada adesiva (CA). Ampliações de 2500X.

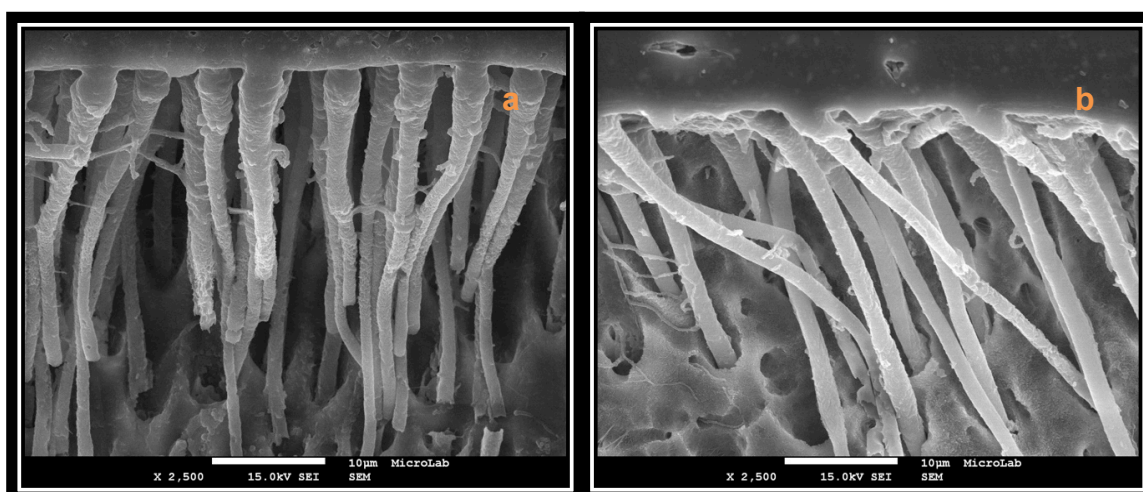


Figura 124 - Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Optibond SOLO Plus**, de forma **etch-and-rinse** em **dentina seca**: às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Com o envelhecimento a base da camada híbrida encontra-se irregular. Ampliações de 2500X.

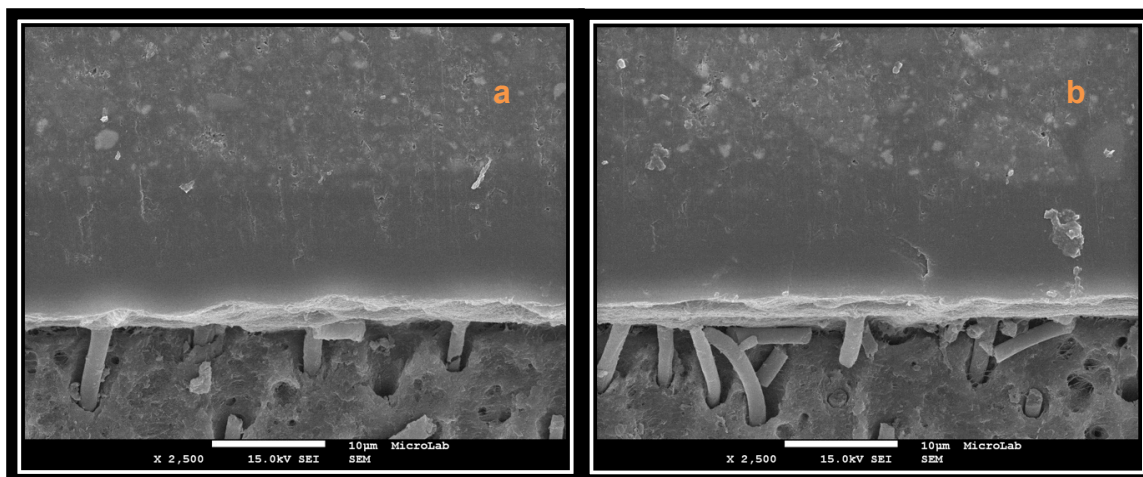


Figura 125 - Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Clearfil SE Bond**, de forma **self-etch** em **dentina húmida** às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Não são notadas diferenças significativas na ultramorfologia entre os dois tempos de avaliação. Ampliações de 2500X.

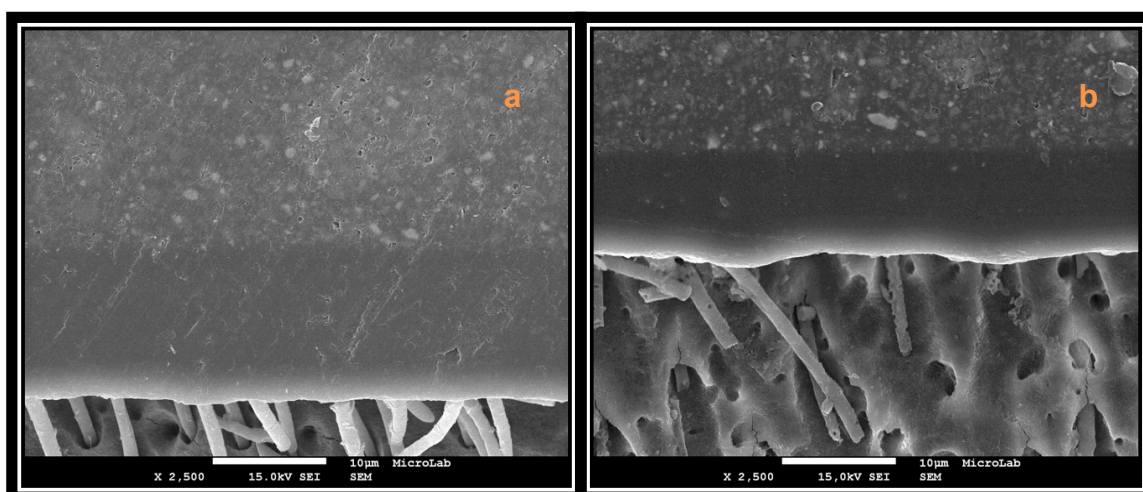


Figura 126 - Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Clearfil SE Bond**, de forma **self-etch** em **dentina seca**: às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Não são notadas diferenças significativas na ultramorfologia entre os dois tempos de avaliação. Ampliações de 2500X.

3.4.4 Achados morfológicos gerais

A espessura da camada adesiva nem sempre foi uniforme e constante ao longo da interface adesiva de um mesmo espécime (figura 127).

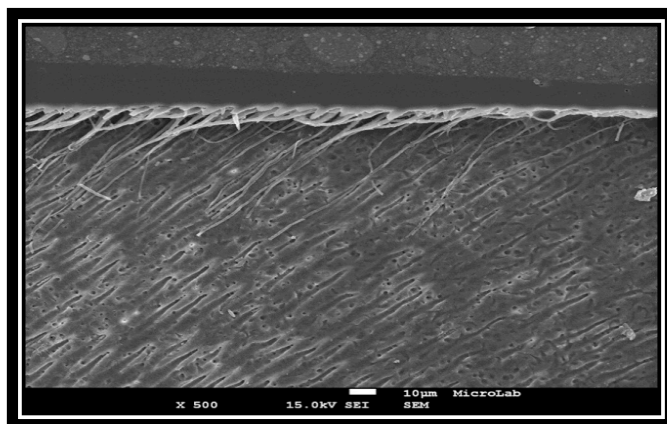


Figura 127 – Microfotografia obtida em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal**, de forma **etch-and-rinse** em **dentina húmida**, que mostra a inconstância da espessura da camada adesiva ao longo da interface adesiva. Ampliação de 1000X.

Mesmo que os prolongamentos de resina apresentem a sua região superior em forma de funil e ao que tudo indica adaptada às paredes tubulares, são frequentemente observados espaços entre as paredes dos túbulos e os prolongamentos de resina, mostrando a ausência de adaptação lateral dos prolongamentos em toda a sua extensão (figura 128).

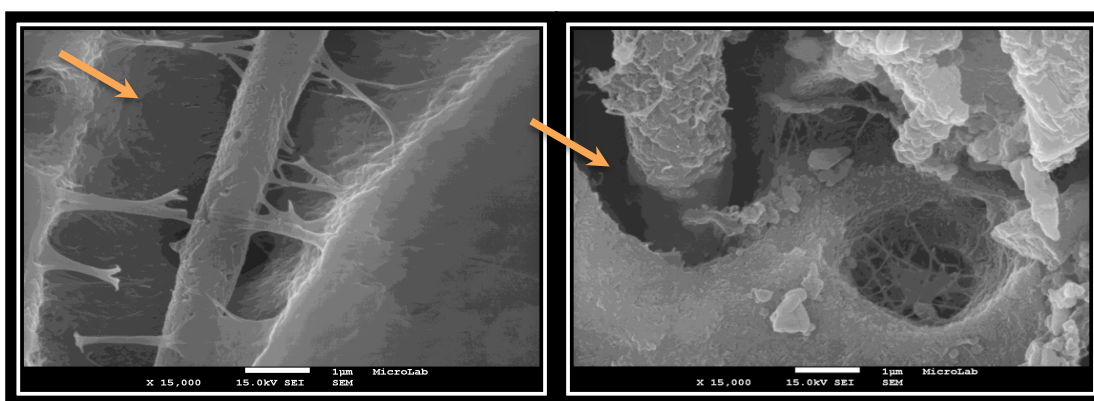


Figura 128 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U**, de forma **etch-and-rinse** em **dentina húmida**, que mostra a falta de hibridização dos prolongamentos de resina à parede dos túbulos, na sua porção média (identificada por setas na imagem. Ampliações de 15000X.

Foi notada, em alguns espécimes, aplicados de forma *etch-and-rinse*, em especial do adesivo FU, a presença de resina composta a penetrar na abertura dos túbulos dentinários (figura 129).

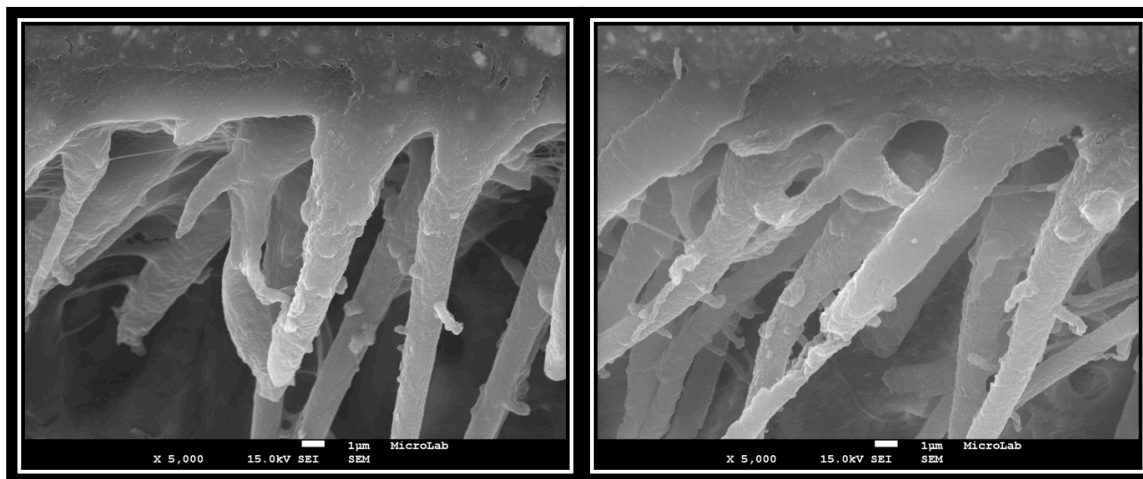


Figura 129 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U**, aplicado de forma *etch-and-rinse* em **dentina húmida**, que mostra a presença de resina composta a penetrar nos túbulos dentinários. Ampliações de 5000X.

As microfotografias de FEG-SEM permitiram observar estruturas globulares compatíveis com partículas de carga no interior da camada adesiva, em especial do adesivo OS (figura 130).

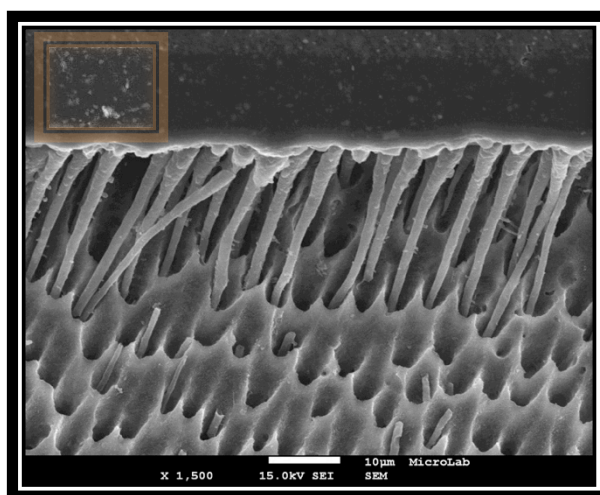


Figura 130 – Microfotografia obtida em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Optibond SOLO Plus**, aplicado de forma *etch-and-rinse* em **dentina seca**, que mostra a presença de partículas compatíveis com carga no interior da camada. Ampliação de 1500X.

Foram, embora de forma rara, encontrados poros de grandes dimensões na camada adesiva de alguns adesivos em estudo (figura 131) e poros de pequenas dimensões de forma frequente na camada adesiva formada pelo adesivo FU, independentemente da estratégia de adesão e da condição de humidade da dentina (figura 115).

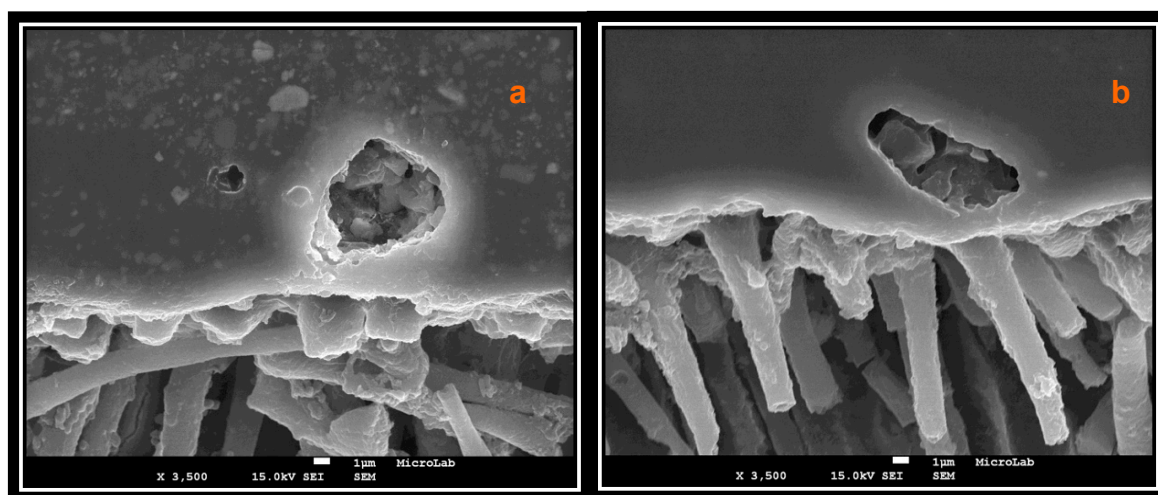


Figura 131 – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Optibond SOLO Plus** (a) e pelo adesivo **Scotchbond Universal** (b), ambos aplicados de forma *etch-and-rinse* em **dentina seca**, que mostram a presença de poros de grandes dimensões no interior da camada adesiva. Ampliações de 3500X.

3.5 Discussão

A interação entre a resina adesiva e a dentina é facilmente identificável em microfotografias de FEG-SEM e revela-se de grande importância na avaliação da qualidade do processo adesivo e na previsibilidade da durabilidade da adesão a longo prazo.

No presente estudo, as microfotografias de FEG-SEM foram utilizadas para avaliar não só a forma como os adesivos universais interagem com a dentina quando aplicados sob diferentes estratégias de adesão e sob diferentes condições de humidade da dentina, como também para avaliar a estabilidade dessa interação após 6 meses de envelhecimento dos espécimes.

Diferentes adesivos e diferentes estratégias de adesão poderão resultar em interfaces adesivas com morfologias e propriedades mecânicas diferentes (Breschi *et al.*, 2008; Cardoso *et al.*, 2011; Tay e Pashley, 2003b) e desse modo condicionar o desempenho adesivo dos sistemas universais à dentina e a sua estabilidade ao longo do tempo.

3.5.1 Limitações da técnica de preparação dos espécimes

A preparação dos espécimes para FEG-SEM apresentou algumas limitações.

O polimento dos espécimes durante a preparação para FEG-SEM, cortou, em comprimento, os prolongamentos de resina mais superficiais e manteve os prolongamentos de resina mais posteriores, mais longos, dando por vezes, a falsa ideia da existência de prolongamentos de resina curtos e truncados, conforme já descrito por Perdigão (1995).

O polimento dos espécimes durante a preparação para microscopia pode ainda, inadvertidamente ocluir os poros entre a camada híbrida com partículas do polimento (Hashimoto *et al.*, 2004a).

As microfotografias de FEG-SEM devem ser interpretadas com algum cuidado, pois devido à micrométrica área avaliada, associada à grande variabilidade do substrato dentário e de todo o processo envolvido na preparação e avaliação dos espécimes, a obtenção de imagens com áreas representativas é bastante

difícil, podendo levar a equívocos (Van Meerbeek, 2007). A camada híbrida como uma estrutura microscópica que é, torna-se difícil de ser avaliada. As resinas são eletrolucentes porque são compostas de carbono, hidrogénio e átomos de oxigénio, tornando a sua distribuição na dentina difícil de avaliar (Wang e Spencer, 2002). Para além do mais, o polimento da interface adesiva, bem como o alto vácuo durante a cobertura dos espécimes com ouro/paládio ou o alto vácuo a que os espécimes são sujeitos na câmara do FEG-SEM podem produzir artefactos ultramorfológicos na interface adesiva por contração (Wang e Spencer, 2002). Essa contração será tanto maior quanto pior infiltrada por resina se encontrar a dentina aderida (Nakajima *et al.*, 2000). Como a infiltração de resina na dentina parece ser menor quando a adesão foi realizada sobre um substrato dentinário seco, assumimos que os artefactos de contração são mais frequentes nestes espécimes, conforme encontrado também por Nakajima *et al.* (2000).

A variabilidade associada à técnica adesiva por parte de um mesmo operador, pode alterar a ultramorfologia da interface adesiva, mesmo dentro de um mesmo subgrupo adesivo. A forma como o adesivo é aplicado num determinado ponto do espécime pode justificar as alterações encontrados dentro de um mesmo espécime, ou entre espécimes de um mesmo grupo. Dessa forma, podemos encontrar diferenças na profundidade de hibridização entre espécimes e também ao longo de um mesmo espécime, quando observamos as microfotografias obtidas no presente trabalho. Resultados semelhantes foram encontrados por Wagner *et al.* (2014). Uma desmineralização de 5 μm no FEG-SEM, significa que na realidade o ácido desmineraliza mais do que 5 μm .

A direção do plano de corte em relação à orientação dos túbulos tem um efeito profundo na profundidade de hibridização dos adesivos *etch-and-rinse* (Perdigão, 1995; Schupbach *et al.*, 1997) e pode ter condicionado a análise das microfotografias. Em áreas onde os túbulos são perpendiculares, a camada híbrida apresenta uma maior espessura. Em áreas com túbulos paralelos a camada híbrida é mais fina (Schupbach *et al.*, 1997).

A angulação da imagem é outra das situações que pode fazer variar a espessura da camada híbrida (Perdigão e Swift, 1994; Perdigão, 1995), sendo a zona de interdifusão mais espessa quando é observada a 45°C.

3.5.2 Influência da estratégia de adesão na ultramorfologia da interface adesiva

No presente estudo aplicar os adesivos universais de forma *self-etch* ou *etch-and-rinse* afetou de forma significativa a infiltração do adesivo na profundidade do substrato dentinário utilizado para adesão.

Nos sistemas adesivos *etch-and-rinse*, a remoção da *smear layer* e dos *smear plugs* favoreceu a penetração dos monómeros de resina em profundidade. Daqui resultou a formação de camadas híbridas individualizadas e prolongamentos de resina bem definidos.

No entanto, o condicionamento da dentina com ácido fosfórico promoveu uma profundidade de desmineralização por vezes excessiva, que a resina adesiva nem sempre foi capaz de penetrar. A presença de fibras de colagénio não envolvidas por resina não é visível nas microfotografias. No seu lugar, é notado um espaço vazio abaixo da camada híbrida, resultante da remoção do colagénio pela ação do hipoclorito de sódio, aquando da preparação dos espécimes. Este método de condicionamento utilizado nos adesivos *etch-and-rinse* poderá portanto, dificultar a total hibridização da dentina e resultar na manutenção de fibras de colagénio expostas aos diversos agentes promotores de degradação.

O tempo de aplicação do adesivo pode também condicionar a sua penetração na dentina (Cardoso Pde *et al.*, 2005) e do mesmo modo comprometer a difusão da resina pela dentina desmineralizada. Segundo os mesmos autores, a espessura da camada híbrida é mais espessa quando os adesivos são aplicados em 60 s, face aos que são aplicados durante 30 s.

Quando é analisada a interface produzida pela estratégia *self-etch* dos adesivos universais, é possível constatar que esses adesivos têm dificuldade

em alterar a *smear layer* e penetrar a dentina (Spencer *et al.*, 2010). A razão prende-se com a baixa acidez dos seus monómeros que não conseguem desmineralizar a dentina de forma tão profunda quanto o ácido fosfórico (Carvalho *et al.*, 2005; Perdigão *et al.*, 2008; Van Meerbeek *et al.*, 1998a). A presença de *smear layer* atenua ainda mais essa acidez e diminui a penetração dos monómeros de resina, já fisicamente difícil pela presença desta barreira (Muñoz *et al.*, 2014). Em consequência, a camada híbrida formada é muito fina ou impercetível, assemelhando-se aos resultados obtidos para outros adesivos *self-etch* (Kenshima *et al.*, 2006; Mine *et al.*, 2009).

De acordo com a classificação baseada na agressividade dos adesivos *self-etch*, os adesivos em estudo são considerados adesivos ultra-suaves (Scotchbond Universal) e suaves (Adhese Universal e Futurabond U e Clearfil SE Bond). O adesivo Scotchbond Universal com pH > 2,5, em teoria, deveria desmineralizar umas poucas centenas de nanómetros e os adesivos Adhese Universal, Futurabond U e Clearfil SE Bond, com pH's < 2,5 deveriam desmineralizar cerca de 1 µm de espessura (Van Meerbeek *et al.*, 1998a). No entanto, no presente trabalho, a profundidade de dentina intertubular infiltrada por resina (que em teoria corresponde à profundidade de dentina desmineralizada pelos monómeros acídicos) não é menor no adesivo Scotchbond Universal. Apesar dos adesivos universais Adhese Universal e Futurabond U serem já considerados adesivos suaves, o seu pH é muito próximo de 2,5, pelo que não é notada uma diferença significativa entre os adesivos no que diz respeito à profundidade de desmineralização da dentina. O facto dos adesivos universais terem sido aplicados com agitação sobre a superfície da dentina, pode também ter contribuído para o aumento da profundidade de desmineralização conseguida (Tay *et al.*, 2000a).

O pré-condicionamento ácido da dentina ao assegurar uma maior penetração dos monómeros dos adesivos universais no substrato dentinário, gera camadas híbridas mais espessas do que a aplicação dos mesmos adesivos sem pré-condicionamento prévio (Margvelashvili *et al.*, 2010).

No entanto, ao contrário da adesão ao esmalte, em que a profundidade de desmineralização apresenta uma boa correlação com as forças adesivas, a profundidade de hibridização da dentina, isto é, a espessura da camada híbrida, não é um fator preditor da magnitude das forças de resistência adesiva a esse substrato (Cardoso Pde *et al.*, 2005; Perdigão *et al.*, 2008; Tay *et al.*, 1996f). As forças adesivas conseguidas por determinado sistema adesivo relacionam-se com a qualidade dessa hibridização, mais do que com a sua espessura (Charlton e Beatty, 1994; Pashley e Carvalho, 1997; Sano *et al.*, 1995c). Uma hibridização de qualidade define-se pela presença de uma camada híbrida homogênea e uniforme, sem poros ou fendas (Milia e Santini, 2003), bem como pela penetração do adesivo na região superior dos túbulos dentinários, selando-os por hibridização com as suas paredes e eventualmente pela formação de prolongamentos laterais de resina que ajudam a reter a resina na dentina (Gwinnett, 1993).

Quando a *smear layer* é apenas modificada ou mesmo preservada, como quando os adesivos são aplicados de forma *self-etch*, os túbulos dentinários permanecem obliterados por partículas globulares que representam os *smear plugs*. Dada a presença dos *smear plugs* e o baixo pH dos monómeros acídicos do adesivo, os prolongamentos de resina dos adesivos aplicados segundo estratégia *self-etch* não existem ou são curtos e apresentam uma baixa densidade (Kenshima *et al.*, 2005; Kenshima *et al.*, 2006; Tay e Pashley, 2001), contrariamente ao verificado quando os adesivos são aplicados após condicionamento ácido (Giachetti *et al.*, 2008; Langer e Ilie, 2013).

Todavia, do mesmo modo que a espessura da camada híbrida, o comprimento dos prolongamentos de resina não se relaciona de forma direta com a grandeza das forças adesivas à dentina. Relaciona-se sim, com a capacidade de molhamento dos monómeros adesivos hidrofílicos sobre o substrato dentinário. Quando bem adaptados às paredes tubulares, os prolongamentos de resina reduzem a permeabilidade dentinária e protegem a polpa da penetração bacteriana e dos seus sub-produtos; bem como reduzem o fluxo hidrodinâmico de fluidos, diminuindo, assim, a sensibilidade dentinária (Krauser, 1986; Langer e Ilie, 2013). A qualidade da adaptação dos

prolongamentos de resina às paredes tubulares é inferida pela presença de prolongamentos de resina em forma de funil, ou de forma cônica, bem como pelo aspeto irregular que a superfície dos prolongamentos apresenta nas microfotografias de maior ampliação (Perdigao *et al.*, 1997; Sano *et al.*, 1995b).

É, no entanto, importante salientar que o comprimento dos prolongamentos de resina formados clinicamente é, por norma, inferior ao encontrado em estudos laboratoriais. Clinicamente, os túbulos dentinários estão preenchidos com água, que dificulta a penetração da resina nos túbulos (Tay *et al.*, 2004b). Tendo em conta que, a combinação *smear layer/smear plugs* garante 86% da resistência total ao movimento de fluido na dentina profunda (Marshall *et al.*, 1997; Pashley *et al.*, 1978a), os prolongamentos de resina bem hibridizados só conseguem formar-se quando o fluido dentinário, sob pressão pulpar positiva, é efetivamente deslocado pelos solventes dos monómeros adesivos utilizados para infiltrar os túbulos dentinários (Moll e Haller, 2000; Tay *et al.*, 2004b).

Segundo Pegado *et al.* (2010), enquanto que na dentina superficial a camada híbrida constitui o principal mecanismo de adesão à dentina, na dentina profunda os prolongamentos de resina têm-se assumido como um mecanismo de retenção importante, desde que estejam firmemente aderidos às paredes canalares com hibridização lateral para outros túbulos vizinhos. Para Gwinnett (1993), os prolongamentos de resina podem contribuir com um terço das forças de resistência adesiva à dentina. No entanto, apesar da dentina profunda ter mais túbulos por área de adesão, apresenta forças mais baixas, devido ao aumento do seu conteúdo em água e à diminuição da sua área intertubular (Tagami *et al.*, 1990).

Quando os adesivos universais são aplicados no seu modo *etch-and-rinse*, os prolongamentos de resina anastomosam-se frequentemente com os prolongamentos de resina vizinhos. O adesivo Adhese Universal foi o adesivo que, quando aplicado de forma *etch-and-rinse*, apresentou a maior quantidade de anastomoses entre prolongamentos de resina vizinhos, seguido do adesivo Scotchbond Universal e por fim do adesivo Futurabond U. Segundo Ferrari e Davidson (1996), essas anastomoses podem contribuir para a retenção

micromecânica da resina e facilitam a infiltração dos monómeros para o interior da metade mais profunda da dentina desmineralizada. São, do mesmo modo que os prolongamentos de resina, indicativos da molhabilidade e da capacidade de selamento dos sistemas adesivos. Todavia, as camadas híbridas pouco espessas encontradas quando o adesivo Adhese Universal foi aplicado após condicionamento ácido não parecem corroborar uma maior capacidade de molhamento da dentina face aos demais adesivos. A alta viscosidade da solução adesiva do Adhese Universal poderá ser responsável por estes achados ultramorfológicos. A presença de polímeros de alto peso molecular poderá reduzir a infiltração do adesivo por entre a dentina intertubular desmineralizada, sem afetar a sua infiltração pelos túbulos dentinários de maior diâmetro. Podemos ainda especular que a presença de um maior número de monómeros com ligações químicas à dentina (MDP e MCAP) por parte deste adesivo, tendencialmente desloquem a solução adesiva para a dentina peritubular, mais mineralizada, mesmo após condicionamento ácido.

Pelo exposto facilmente se percebe que a adequada hibridização da dentina dependerá sobretudo da permeabilidade do substrato e da difusibilidade do soluto, tal como proposto por Nakabayashi e Takarada (1992). As características químicas dos adesivos ditarão o grau e a profundidade de impregnação dos monómeros na dentina (Perdigao *et al.*, 1997); enquanto que, a área de dentina intertubular, bem como o número de túbulos dentinários e túbulos laterais secundários (Gwinnett, 1993; Perdigao *et al.*, 1997), afetam a área disponível para que a hibridização ocorra.

O adesivo Futurabond U foi o adesivo em estudo que apresentou maior variabilidade na espessura da camada adesiva entre espécimes. Espécimes com camadas adesivas espessas encontraram-se frequentemente associados a poros no seu interior. O aspeto poroso da camada adesiva pode dever-se à incompleta polimerização do adesivo (Perdigao *et al.*, 1997), à incompleta evaporação do solvente (Zheng *et al.*, 2001) ou à mistura manual da resina, antes da sua aplicação e pode ser piorada quer pela aplicação ativa dos adesivos sobre a dentina, quer pela secagem excessiva do solvente, pois são

procedimentos que podem facilitar a incorporação de bolhas no interior da resina adesiva (Spreafico *et al.*, 2006).

Espécimes com camadas adesivas finas, eventualmente por secagem exagerada do adesivo ou agitação muito vigorosa aquando da sua aplicação, revelam também alguns poros entre a camada adesiva difícil de discriminar e a resina composta.

As camadas adesivas mais finas são mais suscetíveis à inibição da polimerização pelo oxigénio. O menor grau de conversão dos monómeros de resina, poderá justificar a presença de tais poros (Velazquez *et al.*, 2003).

Em alguns espécimes verifica-se que a resina composta de baixa viscosidade se mistura na camada híbrida, chegando mesmo a penetrar pelos túbulos. Poderíamos especular que o adesivo não se encontra totalmente polimerizado aquando da colocação da resina fluida. No entanto, o adesivo Futurabond U foi polimerizado durante 10 s, de forma semelhante aos outros adesivos universais. O que o distingue dos outros adesivos é ser um adesivo de dupla polimerização e, portanto, com um componente de polimerização retardado face à polimerização com luz.

Os adesivos Futurabond U e Scotchbond Universal foram os únicos adesivos em estudo que apresentaram delaminações entre a sua interface adesiva. No adesivo Scotchbond Universal essas delaminações foram verificadas apenas quando o adesivo foi aplicado de forma *self-etch* sobre a dentina seca e apenas num espécime; enquanto que, no adesivo Futurabond U as delaminações foram mais frequentes e ocorreram quando o adesivo foi aplicado de forma *etch-and-rinse* em dentina seca e quando aplicado de forma *self-etch*, independentemente da condição de humidade da dentina, embora de forma mais frequente quando a dentina foi deixada seca para a adesão.

As delaminações podem sugerir fragilidades na ligação do adesivo à dentina e podem conduzir eventualmente a um maior fracasso das restaurações. As fendas ocorreram entre a camada híbrida e a dentina e podem resultar do facto destes adesivos não possuírem forças adesivas de magnitude suficiente para resistir à tensão de polimerização ou ao procedimento de preparação dos

espécimes para microscopia. Quando os prolongamentos de resina se encontram entre a fenda formada, significa que é provável que a separação se tenha dado devido ao alto vácuo do SEM por dissecação (Perdigao *et al.*, 1997). Ainda assim, esta separação denota a fragilidade da ligação à dentina por parte deste adesivo.

O adesivo Clearfil SE Bond gerou uma camada híbrida homogénea e definida e gerou a camada de adesivo visivelmente mais espessa de todos os adesivos aplicados de forma *self-etch* no estudo, quando aplicado em dentina seca. Resultados semelhantes foram obtidos por Nunes *et al.* (2005). A maior espessura adesiva deve-se ao facto deste adesivo ser um adesivo *self-etch* de dois passos, que preconiza a colocação de uma camada de resina hidrofóbica sobre o *primer* ácido (Itthagarun *et al.*, 2004). Este adesivo, à base de água apresenta ainda uma hibridização dos túbulos curta, mas mais regular do que qualquer outro adesivo universal aplicado na mesma estratégia adesiva.

3.5.3 Influência da condição de humidade da dentina na ultramorfologia da interface adesiva

A influência da condição de humidade da dentina sobre o modo como os monómeros de resina penetram na dentina desmineralizada parece depender da natureza química do adesivo e da estratégia de adesão utilizada.

Nos adesivos universais aplicados segundo estratégia *self-etch*, manter a dentina húmida antes da aplicação do adesivo parece influenciar de forma positiva a capacidade do adesivo em penetrar a dentina. O maior molhamento dos túbulos dentinários, traduzido em prolongamentos mais compridos quando a dentina é deixada húmida, pode dever-se à estimulação da reação de ionização dos ácidos, pela água e consequente modificação e penetração dos *smear plugs* pelos monómeros de resina. Na dentina intertubular recoberta por *smear layer*, a presença de água não foi, no entanto, suficiente para que os monómeros acídicos conseguissem desmineralizar a dentina em profundidade de modo a obter camadas híbridas visivelmente mais espessas. As maiores

espessuras adesivas encontradas quando a dentina é mantida seca, provavelmente são o resultado da menor infiltração da resina pela dentina.

Segundo Chen *et al.* (2015), como os adesivos *self-etch* desmineralizam e logo infiltram a dentina, as zonas ricas em água, não conseguem ser eliminadas e acumulam-se no interior do adesivo. A presença de água residual, por sua vez, poderia inibir a polimerização ou favorecer a separação de fases dos constituintes, em especial em adesivos com pouco HEMA ou/e nos adesivos com HEMA levar à formação de hidrogéis de poli-HEMA que ficariam aprisionados na camada de adesivo e na camada híbrida, tornando-as porosas e mais suscetíveis à degradação (Li *et al.*, 2001; Reis *et al.*, 2004a; Tay *et al.*, 2004a). No entanto, não foram encontrados poros na camada adesiva dos adesivos em estudo à exceção do adesivo Futurabond U, mas cuja presença foi independente da condição de humidade da dentina. Do mesmo modo, não foram encontrados poros na camada híbrida de nenhum dos adesivos em estudo, independentemente da estratégia de adesão e da condição de dentina utilizadas. Para o adesivo Futurabond U secar a dentina pode resultar mesmo em delaminação da interface adesiva, mostrando como a água pode ser importante para a efetiva ligação destes adesivos à dentina.

O adesivo Clearfil SE Bond é um adesivo à base de água e mostrou uma hibridização da dentina superior aos outros adesivos em estudo aplicados segundo estratégia *self-etch*, o que se encontra de acordo com outros trabalhos (Yuan *et al.*, 2008).

A aplicação dos adesivos universais segundo estratégia *etch-and-rinse* parece apresentar uma maior sensibilidade às condições de humidade da dentina. Secar a dentina após lavagem do agente condicionador parece reduzir, de uma forma geral, a profundidade de hibridização da dentina. Os prolongamentos de resina são mais curtos, a camada adesiva mais espessa e nos adesivos Futurabond U e Optibond SOLO Plus é mesmo notada uma constrição na região superior dos prolongamentos de resina. Esta constrição parece resultar do colapso da região superior do colagénio desmineralizado pelo ácido. Estes achados encontram-se de acordo com os trabalhos laboratoriais de outros

autores (Perdigão *et al.*, 1994). Nesta estratégia adesiva, a composição química do adesivo, em especial a natureza e concentração do solvente e o seu conteúdo em HEMA parecem ditar a forma como a humidade da dentina irá influenciar a hibridização da dentina.

Se a dentina desmineralizada pelo ácido fosfórico for seca com ar, a água entre as suas fibras de colagénio é removida e as fibras ficam em contacto íntimo umas com as outras, colapsando facilmente. O espaço interfibrilhar diminui e consequentemente também a infiltração dos monómeros de resina (Nakajima *et al.*, 2000; Reis *et al.*, 2007a; Tay *et al.*, 1996f).

Todavia, quando os adesivos são formulados com água e/ou HEMA, são capazes de reidratar a dentina, promover a re-expansão do colagénio e agilizar a infiltração monomérica em profundidade (Gwinnett, 1994a; Perdigão e Frankenberger, 2001; Van Meerbeek *et al.*, 1998d).

Esta parece ser a justificação para os adesivos universais à base de água e etanol, os adesivos Scotchbond Universal e Adhese Universal, manterem uma hibridização da dentina intertubular e dos orifícios dos túbulos, qualitativamente aceitável quando a dentina é seca. Estes resultados encontram-se de acordo com os resultados obtidos por gerações anteriores de adesivos *etch-and-rinse* de dois passos (Maciel *et al.*, 1996; Perdigão e Frankenberger, 2001; Van Meerbeek *et al.*, 1998d).

Para além da água, o adesivo Scotchbond Universal, possui também ácido polialquenóico que diminui a influência da humidade da dentina sobre a adesão, pois aumenta as capacidades do adesivo para molhar a dentina (Perdigão *et al.*, 1997).

Segundo Perdigão *et al.* (2012a), o fenómeno de reidratação do colagénio colapsado pela secagem da dentina é responsável pela camada híbrida espessa formada pelo adesivo Scotchbond Universal face à delaminação da interface adesiva notada após aplicação do adesivo Optibond SOLO Plus, ambos aplicados em dentina seca com ar. No entanto, no nosso estudo, não foi encontrada delaminação da interface adesiva quando o adesivo Optibond SOLO Plus foi aplicado em dentina seca. Porém, para os adesivos isentos de

água, como o adesivo universal Futurabond U e o adesivo controlo Optibond SOLO Plus, a quantidade de impregnação de resina pela camada híbrida, quando a dentina é seca, é claramente menor do que quando a dentina é deixada húmida especial ao redor dos túbulos dentinários. Para os adesivos isentos de água, a humidade do substrato parece de facto importante para a hibridização da dentina (Cal-Neto *et al.*, 2004). Nestas condições, a camada adesiva é mais fina e os prolongamentos de resina encontram-se pobremente infiltrados por resina (Gregoire *et al.*, 2002), o que aliás se verifica no adesivo Futurabond U. Neste adesivo, aplicado em dentina seca, a presença de poros no interior da porção mais caudal dos prolongamentos de resina sugere uma inadequada infiltração dos monómeros de resina nos túbulos (Perdigao *et al.*, 1997). Pela mesma razão, tornam-se menos evidentes as anastomoses entre prolongamentos de resina contíguos. Resultados semelhantes foram já encontrados por Schulze *et al.* (2005), Van Meerbeek *et al.* (1998d) e Perdigao *et al.* (1997). Estes últimos autores encontraram camada híbridas finas e poucos prolongamentos de resina quando o adesivo Optibond SOLO Plus foi aderido à dentina seca com ar após lavagem do ácido, contrariamente à camada híbrida e prolongamentos formados quando a dentina foi deixada húmida.

De modo a colmatar os efeitos da desidratação da dentina dos adesivos isentos de água, alguns autores advogam a utilização de HEMA em água a 35% como *primer* para re-expandir a dentina seca antes do procedimento adesivo (Perdigão *et al.*, 1999c). Quer o adesivo universal Futurabond U como o adesivo controlo Optibond SOLO Plus são os adesivos em estudo que apresentam maiores quantidades de HEMA nas suas formulações. No entanto, tal não parece ser suficiente para reidratar a dentina ao nível do encontrado para os outros adesivos.

No outro extremo, em condições de dentina húmida, a dentina desmineralizada exhibe uma total expansão da rede de colagénio que tem a máxima dimensão entre as fibras colagénias. O substrato húmido sob tais condições terá alta permeabilidade aos monómeros resinosos. Todavia, a água residual parece ser responsável pela presença de áreas localizadas de polimerização monomérica

incompleta e por diminuir o grau de conversão dos adesivos e, portanto, pelo aparecimento de poros na camada híbrida. A água residual pode levar ainda à separação de fases dos constituintes dos adesivos e serem encontradas mais poros na camada híbrida e na base da camada híbrida, não penetrados por resina (Fabre *et al.*, 2007; Garcia *et al.*, 2010; Tay *et al.*, 1998).

No entanto, os solventes que constituem os adesivos universais parecem ser suficientemente capazes de deslocar a água da dentina ao mesmo tempo que transportam os monómeros de resina para o seu interior. Os adesivos universais em estudo são adesivos à base de etanol. A humidade da dentina puxa o etanol para o interior dos túbulos e estes por sua vez transportam os monómeros de resina para o seu interior. De seguida, o etanol e a humidade evaporam do substrato deixando do substrato deixando ficar a resina (Mohan e Kandaswamy, 2005; Van Meerbeek *et al.*, 1998d).

O protocolo utilizado para fazer variar a condição de humidade da dentina é diferente entre estudos. Para a condição de dentina seca, alguns autores defendem secar a dentina por 5 s (Hashimoto *et al.*, 2002b), enquanto outros aplicam ar por 30 s (Reis *et al.*, 2003a; Tay *et al.*, 1996a). Ainda assim, em todos estes estudos, a secagem da dentina diminui a sua hibridização, quando os adesivos não são capazes de a reidratar.

3.5.4 Influência do envelhecimento dos espécimes na ultramorfologia da interface adesiva

As investigações morfológicas têm limitações em clarificar com exatidão as causas da degradação da interface adesiva. No entanto, o armazenamento dos espécimes durante 6 meses foi suficiente para que, na maioria dos espécimes se verificassem alterações estruturais na interface adesiva decorrentes de uma eventual degradação da interface adesiva, tal como já tinha sido verificado para outros adesivos quer *in vitro* (Armstrong *et al.*, 2004), como *in vivo* (Carrilho *et al.*, 2007b).

A degradação da interface adesiva é dependente da disponibilidade de fibras de colagénio não-hibridizadas (Hashimoto *et al.*, 2003c) e da hidrólise dos

componentes da resina adesiva (Armstrong *et al.*, 2003; Hashimoto *et al.*, 2002c; Hashimoto *et al.*, 2003c) e é um processo dependente da presença de água e/ou de enzimas da dentina e da saliva.

Posto isto, e assumindo que cada adesivo universal em estudo foi aplicado de forma *etch-and-rinse* e de forma *self-etch*, facilmente se entende que a estratégia adesiva que exporá mais fibras de colagénio, que não consigam ser hibridizadas por resina, resultará numa maior degradação da interface adesiva ao longo do tempo, uma vez que a resina adesiva é a mesma.

A exposição das fibras de colagénio ocorre quando a profundidade de dentina desmineralizada pelo ácido não é penetrada em toda a sua extensão pelos monómeros de resina. Tal acontece porque o ácido fosfórico desmineraliza a dentina intertubular numa profundidade superior àquela que os adesivos universais suaves e ultra-suaves em estudo conseguem penetrar (Hanabusa *et al.*, 2012). De facto, é notado um aparente aumento do espaço “vazio” existente entre a base da camada híbrida e a dentina mineralizada, após 6 meses de envelhecimento dos espécimes relativamente ao observado nas microfotografias obtidas às 24 h.

De forma contrária, quando os adesivos são aplicados de forma *self-etch*, os monómeros acídicos presentes nas suas formulações, dissolvem a matriz inorgânica da dentina e simultaneamente infiltram-na, o que resulta num encapsulamento imediato das fibras de colagénio expostas durante o procedimento adesivo (Nakabayashi e Saimi, 1996; Pashley e Tay, 2001; Tay e Pashley, 2001; Watanabe *et al.*, 1994). Não existe, em teoria, exposição de fibras de colagénio entre a camada híbrida (Hashimoto *et al.*, 2003a), pelo que, este envolvimento resinoso do colagénio o protege da degradação. No entanto, na realidade, o facto dos dois processos ocorrerem simultaneamente não significa que a camada híbrida fique totalmente infiltrada por monómeros de resina (Sano *et al.*, 1994c; Spencer e Swafford, 1999). O adesivo deve preencher tridimensionalmente todos os espaços entre as fibras de colagénio e isso nem sempre acontece (Nakabayashi e Saimi, 1996), tornando-se, do

mesmo modo, embora de forma menos evidente, o colagénio exposto suscetível à degradação.

O tempo de aplicação dos adesivos sobre a dentina é, por norma curto e possivelmente seria necessária a aplicação de mais do que uma camada de adesivo para que a dentina infiltrasse melhor. A aplicação consecutiva de camadas remove mais água e a infiltração de resina na dentina desmineralizada é maior (Toledano *et al.*, 2007c). Todavia, para Taschner *et al.* (2014) a dupla aplicação de adesivo pode resultar na sobre-desmineralização do substrato dentinário, por aumento do tempo de aplicação e renovação dos monómeros acídicos sobre a superfície dentária, conduzindo a um maior número de fibras de colagénio desmineralizadas e não infiltradas e por conseguinte a uma maior degradação (Li *et al.*, 2002; Suppa *et al.*, 2005).

De uma forma geral, quando os monómeros de resina penetram pela dentina, forma-se um gradiente descendente de concentração de resina com concentrações de resina maiores no topo da camada híbrida e menos abundantes na sua base. As menores concentrações de resina na base da camada híbrida poderão não ser capazes de envolver todo o colagénio desmineralizado (Van Meerbeek *et al.*, 1993b; Wang e Spencer, 2002). A água poderá penetrar junto às fibras de colagénio desnudadas, degradando-as e plastificando a matriz de resina superiormente colocada (Pashley *et al.*, 1993; Van Meerbeek *et al.*, 1992). Este processo é veiculado pelas proteases salivares e dentinárias, na presença de água e compromete a integridade da união dentina/adesivo, podendo conduzir à falha da restauração (Burrow *et al.*, 1996; Nakabayashi e Takarada, 1992; Van Meerbeek *et al.*, 1993a; Walshaw e McComb, 1996).

O aumento do espaço vazio abaixo da camada híbrida, ao longo do tempo pode assim dever-se à lixiviação das fibras de colagénio degradadas, mas também à eluição de monómeros de resina não polimerizados ou mesmo degradados ao longo do tempo. Quanto maior a quantidade de degradação da resina que envolve o colagénio, maior será a ativação das MMP's a ele ligadas

e maior será a degradação dessas fibras ao longo do tempo (De Munck *et al.*, 2010).

O processo degradativo não ocorre, portanto, apenas pela hidrólise do colagénio não hibridizado, mas também pelo envelhecimento degradativo da resina adesiva. Contrariamente à exposição do colagénio, a degradação da resina adesiva ocorre quer quando os adesivos são aplicados na sua forma *etch-and-rinse*, quer quando são aplicados na sua forma *self-etch* (Santerre *et al.*, 2001) e parece ter um maior impacto na degradação da interface adesiva (Armstrong *et al.*, 2006). É por esse motivo que nas microfotografias de FEG-SEM a degradação não se restringe apenas à base da camada híbrida e à região infrapositionada, mas também à espessura da camada híbrida e aos prolongamentos de resina. No entanto, o envelhecimento é mais evidente na base da camada híbrida pois, à existência de fibras de colagénio pobremente envolvidas por resina, junta-se a degradação da resina propriamente dita. A degradação da resina adesiva constitui também grande parte do motivo pelo qual os adesivos mostram evidências de degradação da região de interdifusão da dentina, ao longo do tempo.

Quando observamos as microfotografias obtidas após envelhecimento dos espécimes, verificamos que, de uma forma geral, os três adesivos universais em estudo, apresentam irregularidades na superfície da camada híbrida ou mesmo da camada adesiva e um desarranjo nos prolongamentos de resina, com prolongamentos de resina frequentemente partidos e com superfície irregular, independentemente da estratégia de adesão utilizada. As anastomoses entre prolongamentos de resina estão normalmente ausentes nas microfotografias dos espécimes envelhecidos, dado que, a matriz circunferencial de dentina peritubular nos canais laterais é menos mineralizada do que a matriz dos túbulos dentinários e portanto, é mais suscetível à degradação (Perdigão e Swift, 1994) e os prolongamentos de resina no seu interior perdem-se durante o polimento.

A degradação da resina pode advir não só do envelhecimento dos seus componentes, mas também da eluição ou perda de monómeros que não

tenham reagido durante o processo de polimerização, seja pela presença de água residual, seja porque a resina adesiva não foi polimerizada de forma completa (Tay *et al.*, 2002b).

Existe uma correlação direta entre a extensão de polimerização de um filme adesivo e a sua permeabilidade à água (Breschi *et al.*, 2007). Quando o polímero absorve água, estas moléculas ligam-se aos domínios polares dos monómeros de resina de baixo peso molecular, fazendo com que a matriz do polímero fique plastificada e as suas propriedades mecânicas fiquem comprometidas (Carrilho *et al.*, 2004; Dhanpal *et al.*, 2009; Ferracane *et al.*, 1998; Maciel *et al.*, 1996; Santerre *et al.*, 2001). Os monómeros de resina não-convertidos eluem-se da interface adesiva e novos monómeros podem ser hidrolisados e novamente eluídos, evidenciando sinais de degradação ao longo do tempo (Carrilho *et al.*, 2005b; Hashimoto *et al.*, 2003b; Sano *et al.*, 1999; Suppa *et al.*, 2005).

Uma das formas de diminuir a degradação das resinas adesivas é aumentar o seu tempo de polimerização. O aumento do tempo de aplicação sobre a dentina, para que mais monómeros reajam e se forme um polímero mais resistente e mais estável na camada híbrida, também parece contribuir para o aumento da estabilidade da resina (Cardoso Pde *et al.*, 2005).

Apesar da resina adesiva que infiltra a dentina e a que fica na sua superfície ser a mesma, a degradação da resina adesiva foi menos notada do que a resina da camada híbrida. Estes resultados foram encontrados também por outros autores (Burrow *et al.*, 1996; Hashimoto *et al.*, 2000; Hashimoto *et al.*, 2002c; Hashimoto *et al.*, 2003a; Spencer e Swafford, 1999). Hashimoto *et al.* (2003a) avaliaram com recurso a microfotografias de SEM e TEM as superfícies fraturadas de diferentes adesivos aderidos à dentina, após testes de microtração, e encontraram alterações morfológicas na camada híbrida dos espécimes envelhecidos durante 12 meses em água, sem, no entanto, encontrar alterações morfológicas evidentes na camada adesiva dos mesmos adesivos. Concluíram que, a natureza da resina adesiva que infiltra a dentina formando a camada híbrida é diferente da resina que se encontra no topo da

camada híbrida. É possível que a camada híbrida seja preenchida principalmente por poli-HEMA pobremente polimerizado e que a camada adesiva apresente uma resina altamente inter cruzada de Bis-GMA/HEMA (Wang e Spencer, 2002; 2003). A perda de resina interfibrilhar dever-se-á, desse ponto de vista, à eluição dos monómeros de resina não-polimerizados (Lai *et al.*, 2002; Sano *et al.*, 1999) ou à lenta hidrólise do polímero de poli-HEMA. Essa eluição poderá ter ocorrido por entre os espaços nanométricos deixados por entre as fibras de colagénio. As porosidades dessa região aumentaram de volume ao longo do tempo como consequência da sorção de água, acelerando a degradação da camada híbrida (Hashimoto *et al.*, 2003a).

Quando consideramos a mesma estratégia adesiva, a composição química do adesivo passa a ser o fator mais importante a determinar a suscetibilidade da interface adesiva à degradação, o que está de acordo com o verificado para outros autores (Li *et al.*, 2000a; Malacarne *et al.*, 2006; Muñoz *et al.*, 2013; Muñoz *et al.*, 2014).

Os adesivos universais do mesmo modo que os adesivos *self-etch* de um passo são adesivos acídicos e hidrofílicos e por conseguinte funcionam como membranas semipermeáveis capazes de absorver água, quer do substrato dentinário, quer do meio externo (Loguercio *et al.*, 2006; Loguercio *et al.*, 2014; Moszner *et al.*, 2005; Platt *et al.*, 2001; Spreafico *et al.*, 2006; Tanaka *et al.*, 1999; Tay e Pashley, 2001; Tay *et al.*, 2002a; Tay *et al.*, 2002b) especialmente se a resina não for polimerizada de imediato (Tay *et al.*, 2004b). A sorção de água e a solubilidade dos adesivos à base de metacrilato será tanto maior quanto maior a hidrofília da solução adesiva (Chimeli *et al.*, 2014; Malacarne *et al.*, 2006) e aumenta exponencialmente com o aumento da concentração em HEMA (Garcia *et al.*, 2010; Nishitani *et al.*, 2007) e também com a quantidade de solvente residual aprisionado entre a matriz de resina e não evaporado (Chimeli *et al.*, 2014).

O HEMA atrai água e forma hidrogéis denominados poli-HEMA, como os encontrados por Hashimoto (Hashimoto *et al.*, 2003a) que ficam retidos entre a resina adesiva, afastando os monómeros e impedindo que se liguem para

formar o polímero, resultando na presença de áreas de polímero não polimerizado (Duarte *et al.*, 2006; Malacarne *et al.*, 2006). Quando a água é absorvida, os monómeros não convertidos são eluídos para o meio oral e deixam poros no interior da camada adesiva e da camada híbrida. O aparecimento de poros, do mesmo modo, pode dever-se à presença de solvente residual ou à separação de fases dos constituintes da solução adesiva. Por outro lado, tendo o HEMA apenas um grupo polimerizável, forma polímeros lineares e tem sido associado à formação de camadas adesivas mais finas (Van Landuyt *et al.*, 2008a), mais suscetíveis à inibição da polimerização pela presença de oxigénio. Daqui resultam novamente baixos graus de polimerização da resina (Nunes *et al.*, 2005) e maior absorção de água e consequentemente maior degradação ao longo do tempo (Tay *et al.*, 2002a), o que pode explicar os resultados encontrados para o adesivo Futurabond U no presente estudo.

O adesivo Futurabond U é o único adesivo em estudo que apresenta poros no interior da sua camada adesiva, quando ela é espessa ou entre o adesivo e a resina composta quando forma camadas adesivas finas. Poderíamos especular que a presença de poros no interior da camada adesiva espessa se deva à formação de poli-HEMA no interior da sua camada adesiva, até porque pelo facto de ser um adesivo de polimerização dual apresenta um componente químico que retarda a total polimerização do adesivo, possibilitando a sorção de água e agravando a formação de poros. Os poros das camadas finas resultarão também da sorção de água face ao retardamento da polimerização de uma solução hidrofílica, já por si responsável pela sorção da água, com a subsequente deficiente polimerização e eluição dos monómeros não reagidos, deixando poros na superfície da dentina. No entanto, as porosidades podem dever-se à introdução de bolhas aquando da auto-mistura dos dois componentes que constituem as unidades do adesivo, agravada pela agitação do adesivo contra a dentina.

O adesivo Futurabond U é o adesivo em estudo que mostra sinais mais evidentes de degradação, independentemente da estratégia de adesão utilizada. É também o adesivo que apresentou mais delaminações da interface

adesiva, após envelhecimento artificial dos espécimes. Poderíamos especular que o aparecimento de delaminações se devesse à contração de polimerização da resina de restauração, mas neste estudo as restaurações formadas apresentam um fator C praticamente nulo. Estas delaminações parecem dever-se à deficiente hibridização da dentina por parte do adesivo, em especial quando aplicado de forma *self-etch*.

Para além dos efeitos negativos da sorção de água dependente da concentração de HEMA e do facto do adesivo apresentar uma polimerização retardada, este adesivo não possui MDP na sua constituição pelo que carece de uma ligação estável à dentina. Yoshida *et al.* (2004) mostraram que a adesão química promovida pelo monómero de 10-MDP não é só mais efetiva, como também muito estável em água.

O aparecimento de fendas pode também relacionar-se com o polimento dos espécimes, a sua desidratação ou a dissecação na câmara de alto vácuo do FEG-SEM durante o processamento dos espécimes (Hashimoto *et al.*, 2001; Perdigao e Swift, 1994), como referido anteriormente nesta discussão.

No entanto, o aparecimento de fendas de forma tão sistemática na interface formada pela aplicação simplificada do adesivo Futurabond U, aderido em dentina seca, revela alguma fragilidade da interface adesiva formada. O facto das delaminações serem mais frequentes quando a dentina é seca, face a deixar a dentina húmida, pode relacionar-se com o facto do adesivo não possuir água intrínseca. Embora de forma menos frequente, o adesivo Scotchbond Universal aplicado de forma simplificada em dentina seca também apresenta um espécime com fenda entre a região penetrada pela resina e a dentina. Nos restantes grupos adesivos, a resina adesiva encontrou-se bem adaptada à dentina, observando-se uma boa integridade das estruturas da interface adesiva.

O adesivo Clearfil SE Bond é o adesivo em estudo que apresenta menos sinais de degradação com o envelhecimento. O adesivo Clearfil SE Bond é um adesivo *self-etch* de dois passos que ao contrário dos adesivos *self-etch* de um passo, como os adesivos universais em estudo são menos sensíveis à sorção

de água, quer porque são menos hidrofílicos, quer porque são recobertos por uma camada de resina hidrofóbica, que protege o adesivo da degradação (Hashimoto *et al.*, 2004b; Tay e Pashley, 2003a; Tay *et al.*, 2003c). Neste adesivo, a associação das duas formas de retenção: química e micromecânica parece vantajosa para a durabilidade da adesão (Swift *et al.*, 1995a).

3.5.5 Conclusões

- a) A estratégia de aplicação dos sistemas adesivos universais estudados condicionou a ultramorfologia da interface adesiva.
- A aplicação dos adesivos universais após condicionamento ácido, resulta numa camada híbrida uniforme, bem definida e na presença de prolongamentos de resina abundantes que se anastomosam com maior ou menor frequência, consoante o tipo de adesivo utilizado;
 - A estratégia *self-etch* resultou numa camada híbrida muito fina e em poucos ou, por vezes, nenhuns prolongamentos de resina.
- b) O efeito da condição de humidade da dentina varia de acordo com o sistema adesivo e a estratégia adesiva utilizada.
- Manter a dentina húmida após secagem da dentina condicionada parece melhorar a infiltração dos adesivos sem água, o adesivo Futurabond U e o adesivo Optibond SOLO Plus pela dentina desmineralizada;
 - Para os adesivos Adhese Universal e Scotchbond Universal, adesivos à base de água e etanol, a condição da dentina não condiciona de forma significativa a ultramorfologia da interface adesiva.
- c) O envelhecimento dos espécimes evidenciou sinais de degradação da interface adesiva, independentemente da estratégia de adesão utilizada.
- A interface adesiva formada pelo adesivo Futurabond U apresentou, de uma forma geral, uma degradação mais evidente da interface adesiva. Foi o único adesivo universal que apresentou de forma consistente, áreas da interface adesiva delaminadas após envelhecimento;
 - O adesivo controlo Clearfil SE Bond apresentou poucos sinais de degradação após envelhecimento artificial.

IV. Discussão final

Os adesivos universais representam a última geração de adesivos do mercado.

São adesivos polivalentes, desenhados para aderir diferentes materiais à dentina e ao esmalte. Embora sejam por natureza adesivos *self-etch* com aptidão, na sua maioria, para se ligar quimicamente ao cálcio da hidroxiapatite (Lin *et al.*, 1992; Mitra *et al.*, 2009; Van Landuyt *et al.*, 2008b), podem, segundo os respectivos fabricantes, ser utilizados após condicionamento do substrato.

Todavia, contrariamente ao preconizado para o esmalte (de Goes *et al.*, 2014; Hanabusa *et al.*, 2012; Perdigão *et al.*, 2014b), o condicionamento ácido da dentina prévio à aplicação dos adesivos universais não reúne consenso e é controverso (Hanabusa *et al.*, 2012; Muñoz *et al.*, 2014; Muñoz *et al.*, 2015; Perdigão *et al.*, 2014b). Se por um lado, desmineralizar a dentina melhora a retenção micromecânica do adesivo; por outro, o procedimento de desmineralização remove cristais de hidroxiapatite e mais especificamente íons de cálcio, diminuindo a capacidade do adesivo se ligar quimicamente à dentina.

Evitar o condicionamento da dentina é difícil, em especial quando são restauradas cavidades complexas, ou quando, são utilizadas soluções ácidas menos viscosas. Desse modo, perceber o efeito do condicionamento ácido da dentina no desempenho desta categoria de adesivos e definir qual a melhor estratégia de adesão a seguir, tornou-se crítico e um ponto de interesse deste trabalho de investigação. Para o efeito foram utilizados três adesivos universais: o adesivo Scotchbond Universal (o primeiro adesivo universal a surgir no mercado), o adesivo Futurabond Universal e o adesivo Adhese Universal que foram aplicados, segundo estratégia *etch-and-rinse* e *self-etch* sobre superfícies de dentina média e a interface adesiva formada avaliada quanto à resistência adesiva, utilizando testes de microtração; quanto ao seu selamento, indiretamente pela avaliação da penetração de corantes de baixo peso molecular e quanto à sua ultramorfologia, pela análise de microfotografias, obtidas em FEG-SEM. Estas três formas de avaliar a interface adesiva, constituíram os três estudos laboratoriais do presente estudo e foram realizadas quer após procedimento adesivo imediato (24 h), quer após envelhecimento dos espécimes numa solução de azida sódica (6 e 12 meses, dependendo dos estudos), de

modo a poder inferir sobre a estabilidade da interface formada por estes adesivos ao longo do tempo.

No presente estudo, a aplicação de ácido fosfórico antes da aplicação dos adesivos universais conduziu, de uma forma geral, a um aumento da resistência adesiva à dentina. O adesivo Adhese Universal foi o único adesivo universal que não apresentou diferenças significativas entre as duas estratégias de adesão, em nenhum dos tempos avaliados. No entanto, também ele apresentou forças tendencialmente mais elevadas quando aplicado após condicionamento da dentina.

A análise da distribuição das falhas pré-teste pelos grupos de estudo, mostrou que os adesivos universais aplicados na sua versão *self-etch* foram os que apresentaram uma maior percentagem de palitos descolados, o que se encontra de acordo com os resultados de outros estudos (Wagner *et al.*, 2014) e denota que a interdigitação da resina na dentina, após condicionamento ácido é de extrema importância para a robustez da ligação do adesivo à dentina. A presença de *smear layer* parece constituir uma barreira física que torna difícil a adesão à dentina (De Munck *et al.*, 2005b; Kenshima *et al.*, 2005; Van Meerbeek *et al.*, 2003a), em especial destes adesivos *self-etch* de baixa agressividade, que não conseguem desmineralizar a dentina numa profundidade adequada para garantir uma boa retenção micromecânica, considerada ainda a chave do processo adesivo (Nakabayashi e Pashley, 1998; Pashley *et al.*, 2011b).

Todavia, ainda que apresente tensões de grandeza superior, a estratégia *etch-and-rinse* é desde há muito associada a uma maior sensibilidade técnica, face à estratégia *self-etch* na medida em que é difícil que os monómeros adesivos penetrem toda a profundidade de dentina desmineralizada pelo ácido fosfórico (Gwinnett *et al.*, 1996; Kanca, 1992b). O resultado será a presença de porosidades ou locais de dentina desmineralizada não hibridizada que tornarão a interface adesiva suscetível aos agentes promotores de degradação ao longo do tempo e poderão culminar na perda da restauração (Hashimoto *et al.*, 2002b).

A imersão dos espécimes numa solução de nitrato de prata, por forma a evidenciar a presença de tais porosidades, corrobora estes achados. A presença

de prata na interface adesiva é mais expressiva quando os adesivos são aplicados após condicionamento ácido. Quando os adesivos universais são aplicados de forma *self-etch*, a dentina desmineralizada é, em teoria infiltrada de forma simultânea. A formação de poros e a não hibridização das fibras de colagénio é menos frequente. Para além do mais, a ligação química à dentina pode desempenhar um papel importante na menor nanoinfiltração encontrada.

Para além da estratégia adesiva, a composição dos adesivos parece também condicionar o seu desempenho adesivo à dentina.

A aproximação de valores de resistência adesiva entre as duas estratégias adesivas, para alguns adesivos como o adesivo Adhese Universal e para o adesivo Scotchbond Universal em dois dos tempos avaliados, deve-se provavelmente à capacidade que estes adesivos têm de ligar-se quimicamente à dentina. Estes adesivos possuem MDP e ácido polialquénico, no caso do Scotchbond Universal, e MDP e MCAP no caso do adesivo Adhese Universal, que se unem ionicamente ao cálcio da hidroxiapatite. Desta forma, garantem uma ligação efetiva e resistente ao substrato perto da resistência mecânica conseguida pela infiltração numa dentina fortemente desmineralizada, como acontece na estratégia *etch-and-rinse*. O adesivo Futurabond U é o único adesivo universal em estudo que, aparentemente, não apresenta MDP e, por conseguinte, é também o único adesivo que necessita da retenção mecânica para se unir ao substrato dentinário. Prova disso, é que é o único adesivo universal que apresenta resistência adesiva significativamente superior quando aplicado após condicionamento ácido da dentina, em relação à sua aplicação *self-etch*, nos três tempos de avaliação.

No presente estudo laboratorial, o adesivo Futurabond U aplicado de forma *self-etch*, não apresentou valores de nanoinfiltração significativamente diferentes dos demais adesivos aplicados de forma *self-etch*. Não obstante, apresentou nos dois momentos de avaliação uma percentagem de interface nanoinfiltrada semelhante ao adesivo Adhese Universal aplicados segundo estratégia *etch-and-rinse* que, como referido anteriormente, foi a técnica adesiva que apresentou significativamente mais nanoinfiltração. Foi também o adesivo que

apresentou maior número de falhas pré-teste durante o estudo de microtração, e delaminações frequentes por entre a interface adesiva quando observada em FEG-SEM; o que denota a fragilidade da interface adesiva deste adesivo aplicado de forma *self-etch*.

A maioria dos sistemas adesivos apresenta resultados favoráveis no que diz respeito à retenção e ao selamento da interface adesiva quando avaliada por curtos períodos de tempo. Contudo, esta eficácia tem sido questionada no que diz respeito à durabilidade e à qualidade da união após algum tempo de envelhecimento dos espécimes (Breschi *et al.*, 2008; De Munck *et al.*, 2005a; De Munck *et al.*, 2012), uma vez que, clinicamente as restaurações cursam com pigmentação da suas margens e/ou infiltração de microorganismos ou seus subprodutos e culminam, muitas vezes em cáries secundárias que podem levar à falha clínica da restauração (Sohn *et al.*, 2008).

Para avaliar o comportamento adesivo dos adesivos em estudo ao longo do tempo, este trabalho propôs-se a envelhecer os espécimes durante 6 e/ou 12 meses, consoante os estudos laboratoriais, numa solução aquosa de azida sódica.

O armazenamento em água ou em soluções aquosas tem mostrado ser o método laboratorial mais eficaz para simular a degradação natural da interface adesiva, posteriormente avaliada quer pelo estudo das forças de resistência adesiva (Burrow *et al.*, 1996; Carrilho *et al.*, 2004; Gwinnett e Yu, 1995; Reis *et al.*, 2004b; Reis *et al.*, 2010), quer pela análise da degradação da camada híbrida recorrendo a métodos de nanoinfiltração (Okuda *et al.*, 2002; Reis *et al.*, 2004a; Reis *et al.*, 2004b; Reis *et al.*, 2010; Tay *et al.*, 2003a) ou análise de imagens de SEM e TEM obtidas da interface adesiva.

Apesar de ser um método demorado do ponto de vista da obtenção de resultados, é o método de envelhecimento que melhor se correlaciona com o comportamento clínico dos adesivos (De Munck *et al.*, 2005a; Hashimoto, 2010; Heintze e Rousson, 2011; Sano *et al.*, 1999). A imersão dos espécimes em água permite o movimento desta molécula pela interface adesiva. A sorção de água será tanto maior quanto maior a hidrofiliabilidade do polímero formado e resulta na

plastificação do polímero de resina e na degradação por hidrólise, quer dos componentes da resina adesiva, quer das fibras de colagénio incompletamente hibridizadas (Carrilho *et al.*, 2005b; Hashimoto *et al.*, 2000; Hashimoto *et al.*, 2001; Sano *et al.*, 1999). O armazenamento em água será ainda responsável pela lixiviação dos componentes hidrolisados, bem como dos monómeros não reagidos ou solvente aprisionado para a solução de armazenamento. Quanto maior essa eluição, maior serão as porosidades ou defeitos criados pela interface adesiva e maior será a sua degradação (Hashimoto *et al.*, 2003c; Sano *et al.*, 1999).

Quando se avaliou o comportamento dos adesivos ao longo do tempo verificámos que quer a estratégia adesiva, como a composição do adesivo parecem influenciar a forma como a interface adesiva se degrada ao longo do tempo.

De uma forma geral, o envelhecimento dos espécimes resultou numa diminuição das forças de resistência adesiva e num aumento dos valores de nanoinfiltração ao longo do tempo, independentemente da estratégia de adesão. Todavia, o condicionamento prévio da dentina agravou de uma forma mais significativa a deterioração da adesão, face à estratégia *self-etch*. Admite-se, que tal observação se deva ao facto dos adesivos *self-etch* manterem maiores quantidades de colagénio encapsulado e assim protegido por hidroxiapatite, mas também devido ao seu potencial para interagir quimicamente com a hidroxiapatite (Cardoso *et al.*, 2011; Van Meerbeek *et al.*, 2003b; Yoshida *et al.*, 2004), muitas vezes formando nanocamadas com características apolares que diminuem a sorção de água e estabilizam a interface adesiva durante mais tempo (Erhardt *et al.*, 2011; Yoshida *et al.*, 2012a; Yoshihara *et al.*, 2011a). Muñoz *et al.* (2015) verificaram que os adesivos universais com 10-MDP apresentam forças mais altas e mais estáveis e menos nanoinfiltração após 6 meses de envelhecimento em água, comparativamente a adesivos desprovidos deste monómero.

Também a análise ultramorfológica da interface adesiva após 6 meses de envelhecimento comprova os resultados obtidos nos dois estudos anteriores.

Foram notados sinais de degradação para todos os adesivos em estudo, independentemente da estratégia adesiva e da condição de humidade da dentina utilizadas. A camada híbrida e a camada adesiva evidenciaram superfícies irregulares, por vezes porosas e os prolongamentos encontraram-se várias vezes desarranjados e fraturados.

A composição química dos adesivos em estudo parece ter um papel preponderante na deterioração da interface adesiva ao longo do tempo e parece explicar algumas das diferenças encontradas entre os grupos em estudo.

O adesivo Adhese Universal foi o único adesivo cujas forças adesivas à dentina não mostraram ser afetadas de forma significativa pela estratégia de adesão utilizada, apesar de em valor absoluto se terem apresentado mais elevadas quando a dentina foi previamente condicionada. Foi também o único adesivo aplicado de forma *self-etch*, cujas forças de resistência à dentina não diminuíram de forma significativa ao longo dos 12 meses de estudo, mesmo que esse aumento se tenha verificado para a sua estratégia *etch-and-rinse*. A permeabilidade da interface adesiva ao nitrato de prata, mostra depósitos de prata significativamente mais exuberantes quando o pré-condicionamento ácido é realizado e um aumento significativo da percentagem de interface nanoinfiltrada ao longo do tempo, para ambas as estratégias adesivas, mas significativamente superior na estratégia *etch-and-rinse*. Estes resultados fazem crer que o adesivo Adhese Universal, apresenta um desempenho adesivo imediato semelhante entre as duas estratégias adesivas, mas uma estabilidade e durabilidade superior quando aplicado de forma *self-etch*, isto é, sem condicionamento prévio da dentina.

O adesivo Adhese Universal apresenta uma dupla capacidade de se ligar quimicamente à dentina. Quer os monómeros de MDP, quer os monómeros de MCAP podem ligar-se ionicamente ao cálcio da dentina e com ela estabelecer uma união efetiva e resistente a ponto de quando a hidroxiapatite não é removida apresentar forças de resistência adesiva a esse substrato semelhantes às aquelas obtidas quando o adesivo se infiltra pela dentina desmineralizada. Por outro lado, a efetividade dessa ligação e o maior envolvimento colágeno por

parte da resina, poderão justificar não só os valores significativamente menores de nanoinfiltração da estratégia *self-etch* face à estratégia *etch-and-rinse*, como também o facto dos depósitos de prata serem tendencialmente menos frequentes do que os encontrados nos outros adesivos aplicados segundo a mesma estratégia de adesão. Apesar disso, a polaridade da ligação éster da molécula de MDP e dos grupos carboxílicos do polímero de MCAP podem condicionar a sorção de água pelo adesivo e a sua degradação ao longo do tempo, ainda que não se verifique uma diminuição das forças adesivas, ao longo do tempo avaliado.

O adesivo Scotchbond Universal foi o único adesivo cujo aumento da infiltração por prata, ao final de 6 meses de estudo, não foi significativo em relação ao observado às 24 h, muito embora este adesivo já apresentasse às 24 h valores de nanoinfiltração elevados, independentemente da estratégia de adesão utilizada. Em termos de resistência adesiva, apenas o adesivo Scotchbond Universal na sua versão *etch-and-rinse* se apresentou estável entre as avaliações às 24 h e aos 6 meses, verificando-se uma redução significativa das forças adesivas quando o mesmo adesivo foi aplicado sem condicionamento ácido. Estes achados questionam-nos sobre o facto da degradação das forças de resistência adesiva à dentina nem sempre ser acompanhada de uma maior percentagem de interface nanoinfiltrada por prata. A ligação à dentina, por parte do adesivo, pode ser menos efetiva sem que estejam presentes defeitos por entre a interface de união. A competição entre o MDP e o ácido polialquenoico pela sua ligação ao cálcio da hidroxiapatite pode ter justificado a diminuição das forças de resistência adesiva à dentina, sem o aumento concomitante dos seus valores de nanoinfiltração. Quando a dentina é condicionada, esta competição deixa de ser relevante, pois uma parte dessa hidroxiapatite foi removida.

Apesar de muitos autores demonstrarem a existência de uma correlação entre a diminuição dos valores de resistência adesiva e o aumento da degradação hidrolítica da camada híbrida (Donmez *et al.*, 2005; Hass *et al.*, 2012; Mobarak e Daifalla, 2012; Okuda *et al.*, 2002; Peumans *et al.*, 2005; Reis *et al.*, 2004d; Reis *et al.*, 2010), muitos outros não encontram diminuição das forças de adesão ao longo do tempo ou mesmo quando essa diminuição se verifica, que esteja

correlacionada com a nanoinfiltração (Burrow et al., 1996; Cenci et al., 2005; Chan et al., 1985; Guzman-Ruiz et al., 2001; Gwinnett e Yu, 1995; Hashimoto et al., 2004a; Kitasako et al., 2000; Sano et al., 1999).

Uma vez que a nanoinfiltração identifica a presença de nanoporos, poder-se-ia julgar que, para além de permitir avaliar o selamento dos sistemas adesivos, permitiria também especular o local da falha da interface adesiva responsável pela perda de retenção das restaurações. No entanto, apesar de se mostrarem áreas de fibras colagénias não infiltradas por resina, a maioria dos adesivos falha acima da camada híbrida (Paul *et al.*, 1999c), independentemente da quantidade de nanoinfiltração. Isto indica que os grãos de prata não são geralmente locais de início nem de propagação de fraturas durante os testes de microtração. A quantidade de nitrato de prata interfere sobre a qualidade da camada híbrida e não sobre o local onde a falha ocorrerá na restauração. A exceção serão eventualmente os locais com grandes árvores de água onde alguns espécimes fraturam. Estes depósitos largos representam provavelmente bolhas de água na resina adesiva, que foram desenhados pela sorpção osmótica de água da dentina e da resina para regiões hipertónicas criadas pela solubilização do cálcio e do fosfato. Para Hashimoto *et al.* (2004a), as forças de microtração correlacionam-se com a nanoinfiltração na presença de grandes árvores de água que se depositam entre a camada híbrida e o adesivo Optibond SOLO Plus. No nosso estudo experimental, árvores de água que não se verificavam às 24 h, foram observados após 12 meses de envelhecimento, confirmando a hipótese levantada por Tay e a sua equipa de que as árvores de água constituem um mecanismo importante de degradação da interface adesiva (Tay e Pashley, 2003a).

Mesmo que a nanoinfiltração possa não ter uma relação direta com as forças adesivas, da mesma forma que os corantes penetram por entre a camada híbrida, também os produtos bacterianos, ácidos e mesmo fluidos orais podem penetrar e comprometer a longevidade das restaurações (Pioch *et al.*, 2001). A restauração pode não perder-se, mas ainda assim ter que ser substituída (MacInnis *et al.*, 1991; Qvist *et al.*, 1990). Para Hashimoto *et al.* (2000) o selamento marginal clínico da dentina deteriora-se com o tempo. Existe uma

extensão estrutural das falhas na interface resina/dentina que aumenta gradualmente com o tempo como resultado da perda de resina da interface, bem como da degradação do colagénio na camada híbrida, que se correlacionam com o mecanismo de nanoinfiltração.

A diminuição da grandeza das forças adesivas e a elevação da percentagem de nanoinfiltração que acontece de uma forma geral, ao longo do tempo, nas duas estratégias adesivas, faz-nos crer que os sistemas universais apresentam o mesmo padrão de degradação observado nos adesivos simplificados de versões anteriores (Perdigão *et al.*, 2013a; Tjaderhane *et al.*, 2013a). Os adesivos universais continuam a ser adesivos altamente hidrofílicos e portanto, com grande aptidão para absorver água, indispensável para que a degradação aconteça (Breschi *et al.*, 2008; De Munck *et al.*, 2003; De Munck *et al.*, 2012; Frankenberger *et al.*, 2004; Skovron *et al.*, 2010; Tay e Pashley, 2003b).

A aplicação de uma camada hidrofóbica sobre estes adesivos parece diminuir a sua hidrofília e aumentar o grau de conversão dos seus monómeros (Perdigão *et al.*, 2004; Perdigão *et al.*, 2005a). Esta poderá ser uma das formas de diminuir a sorção de água por parte da solução adesiva e de aumentar as forças da sua ligação à dentina.

No presente estudo, o adesivo controlo da técnica *self-etch*, o adesivo Clearfil SE Bond, é um adesivo *self-etch* de dois passos, cujo último passo adesivo consiste exatamente em colocar uma camada de resina hidrofóbica sobre o *primer* hidrofílico. Os resultados obtidos parecem promissores. O adesivo Clearfil SE Bond apresentou os valores mais altos de resistência adesiva à dentina quando comparado com os adesivos universais aplicados segundo a mesma estratégia e também os valores mais baixos de nanoinfiltração, embora em nenhum dos casos, essa diferença tenha apresentado significância estatística. O adesivo Clearfil SE Bond é também um adesivo com MDP, pelo que se especula que o seu bom desempenho se deva, e, parte, à aplicação da camada adesiva hidrofóbica. Porém essa aplicação não parece ser suficiente para que não ocorra degradação da sua ligação à dentina, pois também para este adesivo ocorreu uma significativa degradação ao longo do tempo. Especula-se que essa

degradação se deva não à sorção de água em consequência da hidrofília da solução adesiva, mas sim devido ao aprisionamento de água residual que não conseguiu ser evaporada deste adesivo à base de água ou ainda devido à hidrólise da molécula de 10-MDP.

A literatura é escassa no que diz respeito a protocolos de secagem e hidratação da dentina para adesão. Os fabricantes são muitas vezes omissos ou pouco claros no que diz respeito a esses procedimentos e dessa forma torna-se difícil, para o médico dentista, perceber qual o procedimento de secagem que devem seguir para o procedimento adesivo. A falta de protocolos definidos é responsável pela variabilidade de resultados encontrados na literatura e as comparações entre as forças adesivas obtidas, tornam-se complexas uma vez que as condições de humidade da dentina não são padronizadas.

Os adesivos universais para além da sua versatilidade de aplicação, prometeram também diminuir a sensibilidade técnica associada à humidade da dentina, atribuída aos adesivos de gerações anteriores. Neste aspeto, a literatura é consensual (Mena-Serrano *et al.*, 2013; Perdigão *et al.*, 2012a; Perdigão *et al.*, 2014a) e pode ser corroborada também pelos resultados deste trabalho laboratorial. Esta nova geração adesiva apresenta um bom desempenho quer em dentina seca, como em dentina húmida, independentemente da estratégia de adesão utilizada, o que se pode tornar uma mais valia para o médico dentista. Clinicamente, é muito difícil perceber qual a humidade ideal para otimizar a adesão. Para além do mais, na mesma superfície adesiva não é raro encontrar zonas secas e zonas húmidas (Tay e Pashley, 2004), ou mesmo locais de retenção de água em locais de difícil acesso de cavidades complexas, que deixariam de constituir um problema caso os adesivos não fossem sensíveis às condições de humidade da dentina. Os adesivos universais são, em geral, adesivos à base de água, HEMA e/ou outros compostos humectantes e são por isso capazes de reidratar a dentina seca (Jacobsen e Soderholm, 1998; Perdigão e Frankenberger, 2001; Tay *et al.*, 1996c) e do mesmo modo, em presença de alguma humidade residual, são, uma vez que possuem solventes orgânicos, como o etanol, capazes de deslocar a água e impregnar as fibras de colagénio desmineralizadas (Jacobsen e Söderholm, 1995; Kanca, 1992c). O

facto de estes adesivos universais serem aplicados de forma ativa sobre a dentina beneficia a evaporação da água e/ou solvente residual e pode potenciar o igual desempenho destes adesivos quer a dentina se mantenha húmida ou seca (Dal-Bianco *et al.*, 2006).

Ainda assim, a análise ultramorfológica da interface adesiva dos grupos em estudo evidencia que, sobretudo os adesivos sem solvente inorgânico (água), quando a dentina é seca, apresentam um “estrangulamento” dos prolongamentos de resina na sua região mais superior, bem como diminuição do número de ligações resinosas comunicantes entre eles, camadas híbridas ligeiramente mais finas e camadas adesivas mais espessas, resultado da menor infiltração de resina por colapso da rede colágena. Existe ainda uma ligeira tendência para encontrar mais depósitos de prata quando a dentina foi deixada húmida para adesão, independentemente da estratégia de adesão utilizada. Significa portanto, que embora não tenha sido encontrada nenhuma interação entre a humidade da dentina e o desempenho adesivo dos sistemas universais à dentina, os resultados poderiam ser diferentes caso os espécimes tivessem sido armazenados por períodos mais longos, ou se outras condições de humidade mais extremas fossem utilizadas. Deste modo, apenas é possível afirmar que 12 e 6 meses de envelhecimento artificial não foram suficientes para evidenciar qualquer interação entre a condição de humidade da dentina e as forças adesivas ou a capacidade de selamento a esse substrato, respetivamente.

Não obstante as particularidades ultramorfológicas poderem ser ligeiramente diferentes quando a dentina é deixada húmida ou seca, os resultados quer do estudo de microtração, quer do estudo de nanoinfiltração, não encontraram uma influência significativa das condições de humidade da dentina no desempenho adesivo destes adesivos. Pelo exposto, o procedimento adesivo a adotar poderá passar por secar a dentina. A secagem da dentina é um método simples, reproduzível, que permite ao clínico avaliar o aspeto leitoso do esmalte de forma a averiguar sobre a qualidade do seu condicionamento ácido e elimina o efeitos inibitórios do excesso de água na formação dos polímeros e na sua polimerização (Carrilho *et al.*, 2004; Hosaka *et al.*, 2007).

Embora no presente estudo o armazenamento dos espécimes tenha sido realizado durante 6 e 12 meses (dependendo dos estudos), foram utilizadas algumas estratégias de modo a acelerar o envelhecimento dos espécimes e a sua degradação. As estratégias passaram por mudar frequentemente a solução de armazenamento e expor diretamente a interface adesiva às soluções de envelhecimento.

Os espécimes foram guardados numa mistura de água destilada com azida sódica, a pH=7 e a 37°C. A azida sódica foi adicionada à água destilada por ser um agente antibacteriano, que assegura que o pH da solução se mantenha ao longo do tempo (Burrow *et al.*, 1996). O crescimento bacteriano tem que ser inibido e o pH da solução controlado de forma a comparar os resultados dos diferentes adesivos em estudo nos diferentes tempos de avaliação. Fotos *et al.* (1990) constataram que se o crescimento bacteriano não for inibido, o pH pode descer num curto período de tempo. A diminuição do pH pode levar a uma desmineralização do dente. As bactérias podem ainda libertar enzimas que por sua vez irão acelerar a degradação das fibras de colagénio não hibridizadas (Burrow *et al.*, 1996), sem que essa degradação se devesse diretamente ao armazenamento dos espécimes. A solução de água destilada com azida sódica é uma solução simples, reproduzível e barata para envelhecer os espécimes por longos períodos de tempo (Burrow *et al.*, 1996), recomendada atualmente pela ISO (Dental materials - Testing of adhesion to tooth structure 2003) e utilizada de forma generalizada na literatura (Amaral *et al.*, 2007; De Munck *et al.*, 2005b; Hashimoto, 2010).

A solução de armazenamento foi trocada semanalmente de modo acelerar o processo de hidrólise na interface adesiva pela saturação da solução (Okuda *et al.*, 2001; Okuda *et al.*, 2002; Skovron *et al.*, 2010). Quando uma solução se encontra saturada existe um equilíbrio dinâmico entre o soluto e o solvente e qualquer soluto não dissolvido. No entanto e uma vez que a solução é trocada com frequência, mais soluto se desloca para a solução, aumentando a solubilidade do polímero e enfraquecendo a interface adesiva (Skovron *et al.*, 2010). A solução de armazenamento não foi aquecida antes da troca, o que pode ter induzido alguma tensão térmica nos espécimes (Li *et al.*, 2001).

No que diz respeito à forma como os espécimes foram armazenados, há a relevar que os espécimes foram envelhecidos em forma de palitos para o estudo de microtração ou em forma de hemidiscos para os estudos de nanoinfiltração e ultramorfológico. O armazenamento dos espécimes já cortados, isto é, com a interface adesiva diretamente em contacto com a solução de armazenamento, acelera o envelhecimento por redução das distâncias de difusão da solução, face aos espécimes guardados inteiros nos quais a interface adesiva se encontra protegida pela restauração ou por esmalte (De Munck *et al.*, 2003; De Munck *et al.*, 2005b; Hashimoto *et al.*, 2002c; Loguercio *et al.*, 2005; Sano *et al.*, 1999; Skovron *et al.*, 2010; Toledano *et al.*, 2007a).

V. Considerações finais

O constante aparecimento de novos sistemas adesivos no mercado, deve suscitar nos médicos dentistas uma avaliação crítica e ponderada quanto ao seu desempenho. A simplificação do processo adesivo tem implícitas questões de conveniência e de *marketing* e nem sempre a redução do número de passos e a versatilidade dos adesivos é pautada por bons resultados clínicos. Na maioria das vezes, não se consegue simplificar o procedimento adesivo e os adesivos sem prejudicar as forças de adesão ou a qualidade da interface adesiva (Marchesi *et al.*, 2014).

Apesar da maioria dos sistemas adesivos correntes falharem no adequado selamento da dentina e apresentarem infiltração por nitrato de prata (Sohn *et al.*, 2008; Van Meerbeek *et al.*, 1998a), os sistemas universais aplicados de forma *self-etch* podem diminuir a expressão de nanoinfiltração e em conformidade reduzir a infiltração marginal das restaurações por eles seladas. No entanto, apresentam, de uma forma geral, forças de resistência adesiva à dentina inferiores à aplicação dos mesmos adesivos após condicionamento ácido do substrato. Porém, e tendo em consideração que o aumento do período de envelhecimento conduz a uma diminuição mais expressiva da resistência adesiva para a versão *etch-and-rinse*, tempos de envelhecimento maiores podem apresentar resultados diferentes e mais favoráveis à técnica *self-etch*.

Para que a opção passe por aplicar os adesivos de forma *self-etch*, é conveniente que os adesivos apresentem monómeros capazes de se ligarem ionicamente à hidroxiapatite de uma forma estável. Os adesivos sem comprovada ligação iônica ao substrato apresentam forças adesivas tendencialmente mais baixas e uma capacidade de selamento tendencialmente inferior.

Caso a opção passe por aplicar estes adesivos de forma *etch-and-rinse*, parece ser necessário melhorar a composição dos mesmos ou condicionar a dentina de forma menos agressiva, de modo a melhorar a penetração do adesivo pela dentina desmineralizada. Este parece ser o aspeto negativo desta técnica adesiva que mais implicações tem na durabilidade da adesão.

No entanto a natureza hidrofílica destes adesivos universais continua a fazer deles membranas permeáveis e suscetíveis à sorção de água e à degradação ao longo do tempo (Hanabusa *et al.*, 2012). Assim, embora promissores, uma vez que são versáteis e de fácil utilização, os adesivos universais apresentam algumas limitações já antes consideradas nos adesivos *etch-and-rinse* e *self-etch* simplificados, anteriormente disponibilizados no mercado.

Mais do que estudar formas de simplificar a técnica adesiva, fabricantes e investigadores deveriam investigar modos de eliminar a água livre da interface adesiva, de melhorar a evaporação de todo o solvente residual, de impedir a degradação do colagénio ou mesmo de combinar mais monómeros hidrofóbicos na matriz adesiva hidrofílica sem induzir mudança de fases.

Apesar de os resultados deste trabalho laboratorial não poderem ser diretamente extrapolados para a clínica, uma vez que outros fatores como as forças da mastigação, a presença de fluido pulpar, a temperatura, o pH e a humidade da cavidade oral, bem como a ação química das bactérias e enzimas também podem influenciar o desempenho clínico das restaurações e a sua degradação ao longo do tempo (De Munck *et al.*, 2003; Li *et al.*, 2001; Loguercio *et al.*, 2005), os estudos laboratoriais apresentados nesta tese pretendem contribuir para a compreensão do comportamento dos adesivos universais e dos fatores específicos responsáveis pela degradação da interface adesiva por eles criada de forma a estabelecer protocolos de aplicação mais eficazes.

No presente estudo não foi simulada a pressão pulpar. Resultados diferentes poderiam ter sido encontrados, tendo em conta que a remoção da *smear layer* poderia conduzir ao efluxo de fluido pulpar e por conseguinte exacerbar a quantidade de água sobre a dentina e comprometer o desempenho dos adesivos aplicados segundo estratégia *etch-and-rinse* (Moll *et al.*, 2005; Pereira *et al.*, 2000). No entanto, clinicamente a permeabilidade dentinária não se relaciona diretamente com a simulação da pressão pulpar testada laboratorialmente, pois por um lado a dentina que nos propomos a tratar é frequentemente esclerótica e os túbulos estão ocluídos com minerais o que

minimiza o efeito da pressão pulpar sobre a adesão (Nakajima *et al.*, 2006). E, por outro lado, clinicamente, as restaurações, são na sua maioria das vezes executadas sob anestesia local com vasoconstrictor e também aí o efeito da pressão pulpar será reduzido (Olgart e Gazelius, 1977).

Esta classe particular de adesivos carece ainda de mais investigação para que possa ser adotada sistematicamente na prática clínica. São necessários estudos que avaliem o envelhecimento destes adesivos por períodos de tempo maiores e em diferentes substratos, como em dentina hipermineralizada ou afetada pelo processo carioso, ou mesmo sob diferentes condições de humidade da dentina. São também necessários mais estudos clínicos para avaliar o comportamento a longo prazo desta nova família de adesivos (Rosa *et al.*, 2015). No entanto, seria importante em primeiro lugar definir protocolos rigorosos de aplicação dos adesivos e testá-los sob condições que a evidência mostra, desde já, melhorar o seu desempenho, como: aplicar o adesivo de forma ativa (Amaral *et al.*, 2009; Loguercio *et al.*, 2011b) e de forma mais prolongada; aplicar mais do que uma camada de adesivo (Ito *et al.*, 2005b; Reis *et al.*, 2009; Van Landuyt *et al.*, 2006b) e aplicar uma camada de adesivo hidrofóbica sobre os adesivos universais (Muñoz *et al.*, 2014; Perdigão *et al.*, 2014b).

VI. Referências bibliográficas

- Abate PF, Rodriguez VI, Macchi RL (2000). Evaporation of solvent in one-bottle adhesives. *J Dent* 28(6):437-440.
- Agee KL, Pashley EL, Itthagarun A, Sano H, Tay FR, Pashley DH (2003). Submicron hiati in acid-etched dentin are artifacts of desiccation. *Dent Mater* 19(1):60-68.
- Aguilar-Mendoza JA, Rosales-Leal JI, Rodriguez-Valverde MA, Gonzalez-Lopez S, Cabrerizo-Vilchez MA (2008). Wettability and bonding of self-etching dental adhesives. Influence of the smear layer. *Dent Mater* 24(7):994-1000.
- Ahn J, Jung KH, Son SA, Hur B, Kwon YH, Park JK (2015). Effect of additional etching and ethanol-wet bonding on the dentin bond strength of one-step self-etch adhesives. *Restor Dent Endod* 40(1):68-74.
- Alani AH, Toh CG (1997). Detection of microleakage around dental restorations: a review. *Oper Dent* 22(4):173-185.
- Albuquerque M, Pegoraro M, Mattei G, Reis A, Loguercio AD (2008). Effect of double-application or the application of a hydrophobic layer for improved efficacy of one-step self-etch systems in enamel and dentin. *Oper Dent* 33(5):564-570.
- Alhadainy HA, Abdalla AI (1996). 2-year clinical evaluation of dentin bonding systems. *Am J Dent* 9(2):77-79.
- Almeida e Silva JS, Baratieri LN, Araujo E, Widmer N (2011). Dental erosion: understanding this pervasive condition. *J Esthet Restor Dent* 23(4):205-216.
- Alster D, Feilzer AJ, De Gee AJ, Mol A, Davidson CL (1992). The dependence of shrinkage stress reduction on porosity concentration in thin resin layers. *J Dent Res* 71(9):1619-1622.
- Amaral FL, Colucci V, Palma-Dibb RG, Corona SA (2007). Assessment of in vitro methods used to promote adhesive interface degradation: a critical review. *J Esthet Restor Dent* 19(6):340-353.
- Amaral RC, Stanislawczuk R, Zander-Grande C, Michel MD, Reis A, Loguercio AD (2009). Active application improves the bonding performance of self-etch adhesives to dentin. *J Dent* 37(1):82-90.
- Andre CB, Gomes BP, Duque TM, Stipp RN, Chan DC, Ambrosano GM *et al.* (2015). Dentine bond strength and antimicrobial activity evaluation of adhesive systems. *J Dent* 43(4):466-475.
- Andreaus SB, Koth DL, Bayne SC (1988). Effect of Dentin Hydrostatic Pressure on Bond Strengths to Dentin (abstract). *J Dent Res* 67(1):363.
- Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR (2013). Dental Polymers. In: Philips' Science of dental materials. EUA: Elsevier/Saunders, pp. 92-110.
- Armstrong S, Geraldeli S, Maia R, Raposo LH, Soares CJ, Yamagawa J (2010). Adhesion to tooth structure: a critical review of "micro" bond strength test methods. *Dent Mater* 26(2):e50-62.

Armstrong SR, Boyer DB, Keller JC (1998). Microtensile bond strength testing and failure analysis of two dentin adhesives. *Dent Mater* 14(1):44-50.

Armstrong SR, Vargas MA, Fang Q, Laffoon JE (2003). Microtensile bond strength of a total-etch 3-step, total-etch 2-step, self-etch 2-step, and a self-etch 1-step dentin bonding system through 15-month water storage. *J Adhes Dent* 5(1):47-56.

Armstrong SR, Vargas MA, Chung I, Pashley DH, Campbell JA, Laffoon JE *et al.* (2004). Resin-dentin interfacial ultrastructure and microtensile dentin bond strength after five-year water storage. *Oper Dent* 29(6):705-712.

Armstrong SR, Jessop JL, Vargas MA, Zou Y, Qian F, Campbell JA *et al.* (2006). Effects of exogenous collagenase and cholesterol esterase on the durability of the resin-dentin bond. *J Adhes Dent* 8(3):151-160.

Arwill T, Bloom G (1955). Some Remarks on the Structure of Dentin as Revealed by the Electron Microscope. *Acta Odontol Scand* 12(3-4):185-192.

Asmussen E, Munksgaard EC (1988). Bonding of restorative resins to dentine: status of dentine adhesives and impact on cavity design and filling techniques. *Int Dent J* 38(2):97-104.

Asmussen E, Peutzfeldt A (2001a). The influence of relative humidity on the effect of dentin bonding systems. *J Adhes Dent* 3(2):123-127.

Asmussen E, Peutzfeldt A (2001b). Influence of selected components on crosslink density in polymer structures. *Eur J Oral Sci* 109(4):282-285.

Avery JK (2001). Dentina. In: Fundamentos de histologia e embriologia bucal: uma abordagem clínica. JK Avery editor. Brazil: Guanabara Koogan, pp. 77-97.

Aw TC, Lepe X, Johnson GH, Mancl LA (2005). A three-year clinical evaluation of two-bottle versus one-bottle dentin adhesives. *J Am Dent Assoc* 136(3):311-322.

Barkmeier WW, Shaffer SE, Gwinnett AJ (1986). Effects of 15 vs 60 second enamel acid conditioning on adhesion and morphology. *Oper Dent* 11(3):111-116.

Barkmeier WW, Cooley RL (1989). Resin adhesive systems: in vitro evaluation of dentin bond strength and marginal microleakage. *J Esthet Dent* 1(2):67-72.

Becker TD, Agee KA, Joyce AP, Rueggeberg FA, Borke JL, Waller JL *et al.* (2007). Infiltration/evaporation-induced shrinkage of demineralized dentin by solvated model adhesives. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 80(1):156-165.

Bedran-Russo AK, Karol S, Pashley DH, Viana G (2013). Site specific properties of carious dentin matrices biomodified with collagen cross-linkers. *Am J Dent* 26(5):244-248.

Bergenholtz G, Cox CF, Loesche WJ, Syed SA (1982). Bacterial leakage around dental restorations: its effect on the dental pulp. *J Oral Pathol* 11(6):439-450.

Blunck U (2000). Adhesives - Principles and state-of-the-art. In: Adhesion: The Silent Revolution in Dentistry. JF Roulet e M Degrange editors: Quintessence, pp. 29-44.

- Bouillaguet S, Gysi P, Wataha JC, Ciucchi B, Cattani M, Godin C *et al.* (2001). Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step, and self-etching adhesive systems. *J Dent* 29(1):55-61.
- Bowen RL (1965). Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. II. Bonding to dentin promoted by a surface-active comonomer. *J Dent Res* 44(5):895-902.
- Bowen RL, Eick JD, Henderson DA, Anderson DW (1984). Smear layer: removal and bonding considerations. *Oper Dent* 3(Suppl):30-34.
- Brackett WW, Ito S, Tay FR, Haisch LD, Pashley DH (2005). Microtensile dentin bond strength of self-etching resins: effect of a hydrophobic layer. *Oper Dent* 30(6):733-738.
- Braga RR, Cesar PF, Gonzaga CC (2002). Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *J Oral Rehabil* 29(3):257-262.
- Braga RR, Meira JB, Boaro LC, Xavier TA (2010). Adhesion to tooth structure: a critical review of "macro" test methods. *Dent Mater* 26(2):38-49.
- Brannstrom M (1984). Smear layer: pathological and treatment considerations. *Oper Dent* 3(Suppl):35-42.
- Brannstrom M (1986). The cause of postrestorative sensitivity and its prevention. *J Endod* 12(10):475-481.
- Brannstrom M (1987). Infection beneath composite resin restorations: can it be avoided? *Oper Dent* 12(4):158-163.
- Brannstrom M (1992). Etiology of dentin hypersensitivity. *Proc Finn Dent Soc* 88 (Suppl 1):7-13.
- Breschi L, Perdigao J, Lopes MM, Gobbi P, Mazzotti G (2003). Morphological study of resin-dentin bonding with TEM and in-lens FESEM. *Am J Dent* 16(4):267-274.
- Breschi L, Cadenaro M, Antonioli F, Sauro S, Biasotto M, Prati C *et al.* (2007). Polymerization kinetics of dental adhesives cured with LED: correlation between extent of conversion and permeability. *Dent Mater* 23(9):1066-1072.
- Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, De Stefano Dorigo E (2008). Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater* 24(1):90-101.
- Breschi L, Cammelli F, Visintini E, Mazzoni A, Vita F, Carrilho M *et al.* (2009). Influence of chlorhexidine concentration on the durability of etch-and-rinse dentin bonds: a 12-month in vitro study. *J Adhes Dent* 11(3):191-198.
- Breschi L, Martin P, Mazzoni A, Nato F, Carrilho M, Tjaderhane L *et al.* (2010). Use of a specific MMP-inhibitor (galardin) for preservation of hybrid layer. *Dent Mater* 26(6):571-578.

Bryant RW, Mahler DB (1986). Modulus of elasticity in bending of composites and amalgams. *J Prosthet Dent* 56(2):243-248.

Buonocore MG (1955). A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 34(6):849-853.

Buonocore MG, Wileman W, Brudevold F (1956). A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces. *J Dent Res* 35:846-851.

Buonocore MG (1973). Adhesives in the prevention of caries. *J Am Dent Assoc* 87(5):1000-1005.

Burke FJ, McCaughey AD (1995). The four generations of dentin bonding. *Am J Dent* 8(2):88-92.

Burrow MF, Tagami J, Hosoda H (1993). The long term durability of bond strengths to dentin. *Bull Tokyo Med Dent Univ* 40(4):173-191.

Burrow MF, Takakura H, Nakajima M, Inai N, Tagami J, Takatsu T (1994). The influence of age and depth of dentin on bonding. *Dent Mater* 10(4):241-246.

Burrow MF, Satoh M, Tagami J (1996). Dentin bond durability after three years using a dentin bonding agent with and without priming. *Dent Mater* 12(5):302-307.

Burrow MF, Inokoshi S, Tagami J (1999). Water sorption of several bonding resins. *Am J Dent* 12(6):295-298.

Cadenaro M, Antonioli F, Sauro S, Tay FR, Di Lenarda R, Prati C *et al.* (2005). Degree of conversion and permeability of dental adhesives. *Eur J Oral Sci* 113(6):525-530.

Cadenaro M, Breschi L, Antonioli F, Navarra CO, Mazzoni A, Tay FR *et al.* (2008). Degree of conversion of resin blends in relation to ethanol content and hydrophilicity. *Dent Mater* 24(9):1194-1200.

Cadenaro M, Breschi L, Rueggeberg FA, Agee K, Di Lenarda R, Carrilho M *et al.* (2009a). Effect of adhesive hydrophilicity and curing time on the permeability of resins bonded to water vs. ethanol-saturated acid-etched dentin. *Dent Mater* 25(1):39-47.

Cadenaro M, Breschi L, Rueggeberg FA, Suchko M, Grodin E, Agee K *et al.* (2009b). Effects of residual ethanol on the rate and degree of conversion of five experimental resins. *Dent Mater* 25(5):621-628.

Cal-Neto JP, Miranda MP, Dias KC (2004). Comparative SEM evaluation of penetration of adhesive systems in human dentin with a non-rinse conditioner and a self-etching primer. *Brazilian Dental Journal* 15(19-25).

Camargo MA, Silveira BLd, Delfino CS, Zaroni WCdS, Matos AB (2007). Ensaio de microtração: uma revisão crítica da literatura / Microtensile bond test: a literature overview. *Rev Inst Ciênc Saúde* 25(3).

Cardoso MV, de Almeida Neves A, Mine A, Coutinho E, Van Landuyt K, De Munck J *et al.* (2011). Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. *Aust Dent J* 56 (Suppl 1):31-44.

- Cardoso Pde C, Loguercio AD, Vieira LC, Baratieri LN, Reis A (2005). Effect of prolonged application times on resin-dentin bond strengths. *J Adhes Dent* 7(2):143-149.
- Cardoso PE, Braga RR, Carrilho MR (1998). Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems. *Dent Mater* 14(6):394-398.
- Carrilho MR, Carvalho RM, Tay FR, Yiu C, Pashley DH (2005a). Durability of resin-dentin bonds related to water and oil storage. *Am J Dent* 18(6):315-319.
- Carrilho MR, Tay FR, Pashley DH, Tjaderhane L, Carvalho RM (2005b). Mechanical stability of resin-dentin bond components. *Dent Mater* 21(3):232-241.
- Carrilho MR, Carvalho RM, de Goes MF, di Hipolito V, Geraldeli S, Tay FR *et al.* (2007a). Chlorhexidine preserves dentin bond in vitro. *J Dent Res* 86(1):90-94.
- Carrilho MR, Geraldeli S, Tay F, de Goes MF, Carvalho RM, Tjaderhane L *et al.* (2007b). In vivo preservation of the hybrid layer by chlorhexidine. *J Dent Res* 86(6):529-533.
- Carrilho MRO, Carvalho RM, Tay FR, Pashley DH (2004). Effects of storage media on mechanical properties of adhesive systems. *Am J Dent* 17:104-108.
- Carrillo C (2006). Dentina y adhesivos dentinarios. Conceptos actuales. Medigraphic Artemisa, pp. 45-51.
- Carvalho RM, Yoshiyama M, Brewer PD, Pashley DH (1996a). Dimensional changes of demineralized human dentine during preparation for scanning electron microscopy. *Arch Oral Biol* 41(4):379-386.
- Carvalho RM, Yoshiyama M, Pashley EL, Pashley DH (1996b). In vitro study on the dimensional changes of human dentine after demineralization. *Arch Oral Biol* 41(4):369-377.
- Carvalho RM, Mendonca JS, Santiago SL, Silveira RR, Garcia FC, Tay FR *et al.* (2003). Effects of HEMA/solvent combinations on bond strength to dentin. *J Dent Res* 82(8):597-601.
- Carvalho RM, Chersoni S, Frankenberger R, Pashley DH, Prati C, Tay FR (2005). A challenge to the conventional wisdom that simultaneous etching and resin infiltration always occurs in self-etch adhesives. *Biomaterials* 26(9):1035-1042.
- Causton BE (1984). Improved bonding of composite restorative to dentine. A study in vitro of the use of a commercial halogenated phosphate ester. *Br Dent J* 156(3):93-95.
- Cenci M, Demarco F, de Carvalho R (2005). Class II composite resin restorations with two polymerization techniques: relationship between microtensile bond strength and marginal leakage. *J Dent* 33(7):603-610.
- Chan DC, Reinhardt JW, Boyer DB (1985). Composite resin compatibility and bond longevity of a dentin bonding agent. *J Dent Res* 64(12):1402-1404.

- Chappell RP, Eick JD (1994). Shear bond strength and scanning electron microscopic observation of six current dentinal adhesives. *Quintessence Int* 25(5):359-368.
- Charlton DG, Beatty MW (1994). The effect of dentin surface moisture on bond strength to dentin bonding agents. *Oper Dent* 19(4):154-158.
- Chasqueira AF, Arantes-Oliveira S, Portugal J (2013). Effect of changes to the manufacturer application techniques on the shear bond strength of simplified dental adhesives. *J Appl Biomater Funct Mater* 11(2):e117-121.
- Chen C, Niu LN, Xie H, Zhang ZY, Zhou LQ, Jiao K *et al.* (2015). Bonding of universal adhesives to dentine - Old wine in new bottles? *J Dent* 43(5):525-536.
- Cheng JT, Itoh K, Kusunoki M, Hasegawa T, Wakumoto S, Hisamitsu H (2005). Effect of dentine conditioners on the bonding efficacy of one-bottle adhesives. *J Oral Rehabil* 32(1):28-33.
- Chimeli TB, D'Alpino PH, Pereira PN, Hilgert LA, Di Hipolito V, Garcia FC (2014). Effects of solvent evaporation on water sorption/solubility and nanoleakage of adhesive systems. *J Appl Oral Sci* 22(4):294-301.
- Choi KK, Condon JR, Ferracane JL (2000). The effects of adhesive thickness on polymerization contraction stress of composite. *J Dent Res* 79(3):812-817.
- Christensen GJ (2002). Preventing postoperative tooth sensitivity in class I, II and V restorations. *J Am Dent Assoc* 133(2):229-231.
- Ciucchi B, Bouillaguet S, Holz J, Pashley D (1995). Dentinal fluid dynamics in human teeth, in vivo. *J Endod* 21(4):191-194.
- Cribb AM, Scott JE (1995). Tendon response to tensile stress: an ultrastructural investigation of collagen:proteoglycan interactions in stressed tendon. *J Anat* 187(Pt 2):423-428.
- Dal-Bianco K, Pellizzaro A, Patzlaft R, de Oliveira Bauer JR, Loguercio AD, Reis A (2006). Effects of moisture degree and rubbing action on the immediate resin-dentin bond strength. *Dent Mater* 22(12):1150-1156.
- Dalton Bittencourt D, Ezecelevski IG, Reis A, Van Dijken JW, Loguercio AD (2005). An 18-months' evaluation of self-etch and etch & rinse adhesive in non-carious cervical lesions. *Acta Odontol Scand* 63(3):173-178.
- de Castro AK, Hara AT, Pimenta LA (2000). Influence of collagen removal on shear bond strength of one-bottle adhesive systems in dentin. *J Adhes Dent* 2(4):271-277.
- de Goes MF, Shinohara MS, Freitas MS (2014). Performance of a new one-step multi-mode adhesive on etched vs non-etched enamel on bond strength and interfacial morphology. *J Adhes Dent* 16(3):243-250.
- De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K *et al.* (2003). Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res* 82(2):136-140.

- De Munck J, Van Landuyt K, Coutinho E, Poitevin A, Peumans M, Lambrechts P *et al.* (2005a). Micro-tensile bond strength of adhesives bonded to Class-I cavity-bottom dentin after thermo-cycling. *Dent Mater* 21(11):999-1007.
- De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M *et al.* (2005b). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res* 84(2):118-132.
- De Munck J, Vargas M, Iracki J, Van Landuyt K, Poitevin A, Lambrechts P *et al.* (2005c). One-day bonding effectiveness of new self-etch adhesives to bur-cut enamel and dentin. *Oper Dent* 30(1):39-49.
- De Munck J, Shirai K, Yoshida Y, Inoue S, Van Landuyt K, Lambrechts P *et al.* (2006). Effect of water storage on the bonding effectiveness of 6 adhesives to Class I cavity dentin. *Oper Dent Suppl* 31(4):456-465.
- De Munck J, Mine A, Van den Steen PE, Van Landuyt KL, Poitevin A, Opdenakker G *et al.* (2010). Enzymatic degradation of adhesive-dentin interfaces produced by mild self-etch adhesives. *Eur J Oral Sci* 118(5):494-501.
- De Munck J, Mine A, Vivan Cardoso M, De Almeida Neves A, Van Landuyt KL, Poitevin A *et al.* (2011). Effect of dentin location and long-term water storage on bonding effectiveness of dentin adhesives. *Dent Mater* 30(1):7-13.
- De Munck J, Mine A, Poitevin A, Van Ende A, Cardoso MV, Van Landuyt KL *et al.* (2012). Meta-analytical review of parameters involved in dentin bonding. *J Dent Res* 91(4):351-357.
- De Munck J, Mine A, Vivan Cardoso M, Van Landuyt KL, Luhrs AK, Poitevin A *et al.* (2013). Hydrolytic stability of three-step etch-and-rinse adhesives in occlusal class-I cavities. *Clin Oral Investig* 17(8):1911-1918.
- De Vito Moraes AG, Francci C, Carvalho CN, Soares SP, Braga RR (2011). Microshear bond strength of self-etching systems associated with a hydrophobic resin layer. *J Adhes Dent* 13(4):341-348.
- Dental materials - Testing of adhesion to tooth structure. International Of Standardization. 2003. Geneva, Switzerland
- Dhanpal P, Yiu CK, King NM, Tay FR, Hiraishi N (2009). Effect of temperature on water sorption and solubility of dental adhesive resins. *J Dent* 37(2):122-132.
- Dickinson GL, Stevens JT, Overberger JE, McCutcheon WR (1991). Comparison of shear bond strengths of some third-generation dentin bonding agents. *Oper Dent* 16(6):223-230.
- Ding PG, Wolff D, Pioch T, Staehle HJ, Dannewitz B (2009). Relationship between microtensile bond strength and nanoleakage at the composite-dentin interface. *Dent Mater* 25(1):135-141.

- do Amaral RC, Stanislawczuk R, Zander-Grande C, Gagler D, Reis A, Loguercio AD (2010). Bond strength and quality of the hybrid layer of one-step self-etch adhesives applied with agitation on dentin. *Oper Dent* 35(2):211-219.
- Dong CC, McComb D, Anderson JD, Tam LE (2003). Effect of mode of polymerization of bonding agent on shear bond strength of autocured resin composite luting cements. *J Can Dent Assoc* 69(4):229-234.
- Donmez N, Belli S, Pashley DH, Tay FR (2005). Ultrastructural correlates of in vivo/in vitro bond degradation in self-etch adhesives. *J Dent Res* 84(4):355-359.
- Dorfer CE, Staehle HJ, Wurst MW, Duschner H, Pioch T (2000). The nanoleakage phenomenon: influence of different dentin bonding agents, thermocycling and etching time. *Eur J Oral Sci* 108(4):346-351.
- Douglas WH, Fields RP, Fundingsland J (1989). A comparison between the microleakage of direct and indirect composite restorative systems. *J Dent* 17(4):184-188.
- Drummond JL, Sakaguchi RL, Racean DC, Wozny J, Steinberg AD (1996). Testing mode and surface treatment effects on dentin bonding. *J Biomed Mater Res* 32(4):533-541.
- Duarte S, Perdigão J, Lopes MM (2006). Effect of dentin conditioning time on nanoleakage. *Oper Dent* 31(4):500-511.
- Duke ES, Lindemuth J (1991). Variability of clinical dentin substrates. *Am J Dent* 4(5):241-246.
- Duke ES, Robbins JW, Snyder DS (1991). Clinical evaluation of a dentinal adhesive system: three-year results. *Quintessence Int* 22(11):889-895.
- Eckert GJ, Platt JA (2007). A statistical evaluation of microtensile bond strength methodology for dental adhesives. *Dent Mater* 23(3):385-391.
- Eick JD, Wilko RA, Anderson CH, Sorensen SE (1970). Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J Dent Res* 49(6):Suppl:1359-1368.
- Eick JD, Cobb CM, Chappell RP, Spencer P, Robinson SJ (1991). The dentinal surface: its influence on dentinal adhesion. Part I. *Quintessence Int* 22(12):967-977.
- Eick JD, Robinson SJ, Cobb CM, Chappell RP, Spencer P (1992). The dentinal surface: its influence on dentinal adhesion. 2. *Quintessence Int* 23(1):43-51.
- Eick JD, Robinson SJ, Byerley TJ, Chappelow CC (1993a). Adhesives and nonshrinking dental resins of the future. *Quintessence Int* 24(9):632-640.
- Eick JD, Robinson SJ, Chappell RP, Cobb CM, Spencer P (1993b). The dentinal surface: its influence on dentinal adhesion. Part III. *Quintessence Int* 24(8):571-582.
- Eick JD, Gwinnett AJ, Pashley DH, Robinson SJ (1997). Current concepts on adhesion to dentin. *Crit Rev Oral Biol Med* 8(3):306-335.

- Eliades G (1994). Clinical relevance of the formulation and testing of dentine bonding systems. *J Dent* 22(2):73-81.
- Eliades G, Vougiouklakis G, Palaghias G (2001). Heterogeneous distribution of single-bottle adhesive monomers in the resin-dentin interdiffusion zone. *Dent Mater* 17(4):277-283.
- Epasinghe DJ, Yiu CK, Burrow MF, Hiraishi N, Tay FR (2013). The inhibitory effect of proanthocyanidin on soluble and collagen-bound proteases. *J Dent* 41(9):832-839.
- Erhardt MC, Cavalcante LM, Pimenta LA (2004). Influence of phosphoric acid pretreatment on self-etching bond strengths. *J Esthet Restor Dent* 16(1):33-40.
- Erhardt MC, Osorio E, Aguilera FS, Proenca JP, Osorio R, Toledano M (2008). Influence of dentin acid-etching and NaOCl-treatment on bond strengths of self-etch adhesives. *Am J Dent* 21(1):44-48.
- Erhardt MC, Pisani-Proenca J, Osorio E, Aguilera FS, Toledano M, Osorio R (2011). Influence of laboratory degradation methods and bonding application parameters on microTBS of self-etch adhesives to dentin. *Am J Dent* 24(2):103-108.
- Erickson RL (1992). Surface interactions of dentin adhesive materials. *Oper Dent Suppl* 5(81-94).
- Erickson RL, Barkmeier WW, Latta MA (2009). The role of etching in bonding to enamel: a comparison of self-etching and etch-and-rinse adhesive systems. *Dent Mater* 25(11):1459-1467.
- Ernst CP (2004). Positioning self-etching adhesives: versus or in addition to phosphoric acid etching? *J Esthet Restor Dent* 16(1):57-69.
- Esteves CM, Ota-Tsuzuki C, Reis AF, Rodrigues JA (2010). Antibacterial activity of various self-etching adhesive systems against oral streptococci. *Oper Dent* 35(4):448-453.
- Fabianelli A, Kugel G, Ferrari M (2003). Efficacy of self-etching primer on sealing margins of Class II restorations. *Am J Dent* 16(1):37-41.
- Fabre HS, Fabre S, Cefaly DF, de Oliveira Carrilho MR, Garcia FC, Wang L (2007). Water sorption and solubility of dentin bonding agents light-cured with different light sources. *J Dent* 35(3):253-258.
- Faria ESAL, Fabiao MM, Sfalcin RA, de Souza Meneses M, Santos-Filho PC, Soares PV *et al.* (2009). Bond Strength of One-Step Adhesives under Different Substrate Moisture Conditions. *Eur J Dent* 3(4):290-296.
- Feitosa VP, Leme AA, Sauro S, Correr-Sobrinho L, Watson TF, Sinhoreti MA *et al.* (2012a). Hydrolytic degradation of the resin-dentine interface induced by the simulated pulpal pressure, direct and indirect water ageing. *J Dent* 40(12):1134-1143.

- Feitosa VP, Sauro S, Watson TF, Correr AB, Osorio R, Toledano M *et al.* (2012b). Evaluation of the micro-mechanical strength of resin bonded-dentin interfaces submitted to short-term degradation strategies. *J Mech Behav Biomed* 15:112-120.
- Ferracane JL, Berge HX, Condon JR (1998). In vitro aging of dental composites in water--effect of degree of conversion, filler volume, and filler/matrix coupling. *J Biomed Mater Res* 42(3):465-472.
- Ferracane JL (2006). Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater* 22(3):211-222.
- Ferrari M, Cagidiaco CM, Mason PN (1994). Morphologic aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with five different dentin adhesive systems tested in vivo. *J Prosthet Dent* 71(4):404-408.
- Ferrari M, Davidson CL (1996). In vivo resin-dentin interdiffusion and tag formation with lateral branches of two adhesive systems. *J Prosthet Dent* 76(3):250-253.
- Ferrari M, Tay FR (2003). Technique sensitivity in bonding to vital, acid-etched dentin. *Oper Dent* 28(1):3-8.
- Feuerstein O, Matalon S, Slutzky H, Weiss EI (2007). Antibacterial properties of self-etching dental adhesive systems. *J Am Dent Assoc* 138(3):349-354.
- Finger WJ (1988). Dentin bonding agents. Relevance of in vitro investigations. *Am J Dent* 1(Spec No):184-188.
- Fortin D, Swift EJ, Jr., Denehy GE, Reinhardt JW (1994). Bond strength and microleakage of current dentin adhesives. *Dent Mater* 10(4):253-258.
- Fotos PG, Diaz-Arnold AM, Williams VD (1990). Effect of microbial contamination and pH changes in storage solutions during in vitro assays of bonding agents. *Dent Mater* 6(3):154-157.
- Frankenberger R, Perdigão J, Rosa BT, Lopes M (2001). "No-bottle" vs "multi-bottle" dentin adhesives--a microtensile bond strength and morphological study. *Dent Mater* 17(5):373-380.
- Frankenberger R, Strobel WO, Lohbauer U, Kramer N, Petschelt A (2004). The effect of six years of water storage on resin composite bonding to human dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 69(1):25-32.
- Frankenberger R, Lohbauer U, Roggendorf MJ, Naumann M, Taschner M (2008). Selective enamel etching reconsidered: better than etch-and-rinse and self-etch? *J Adhes Dent* 10(5):339-344.
- Fu B, Sun X, Qian W, Shen Y, Chen R, Hannig M (2005). Evidence of chemical bonding to hydroxyapatite by phosphoric acid esters. *Biomaterials* 26(25):5104-5110.
- Fukegawa D, Hayakawa S, Yoshida Y, Suzuki K, Osaka A, Van Meerbeek B (2006). Chemical interaction of phosphoric acid ester with hydroxyapatite. *J Dent Res* 85(10):941-944.

- Fukuda R, Yoshida Y, Nakayama Y, Okazaki M, Inoue S, Sano H *et al.* (2003). Bonding efficacy of polyalkenoic acids to hydroxyapatite, enamel and dentin. *Biomaterials* 24(11):1861-1867.
- Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, Iwaku M (1979). Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J Dent Res* 58(4):1364-1370.
- Gale MS, Darvell BW (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent* 27(2):89-99.
- Gallo JR, 3rd, Henderson M, Burgess JO (2000). Shear bond strength to moist and dry dentin of four dentin bonding systems. *Am J Dent* 13(5):267-270.
- Garberoglio R, Brannstrom M (1976). Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Arch Oral Biol* 21(6):355-362.
- Garcia FC, Almeida JC, Osorio R, Carvalho RM, Toledano M (2009). Influence of drying time and temperature on bond strength of contemporary adhesives to dentine. *J Dent* 37(4):315-320.
- Garcia FC, Wang L, Pereira LC, de Andrade e Silva SM, Junior LM, Carrilho MR (2010). Influences of surface and solvent on retention of HEMA/mixture components after evaporation. *J Dent* 38(1):44-49.
- Giachetti L, Scaminaci Russo D, Bambi C, Nieri M, Bertini F (2008). Influence of operator skill on microleakage of total-etch and self-etch bonding systems. *J Dent* 36(1):49-53.
- Giannini M, Chaves P, Oliveira MT (2003a). Effect of tooth age on bond strength to dentin. *J Appl Oral Sci* 11(4):342-347.
- Giannini M, Seixas CA, Reis AF, Pimenta LA (2003b). Six-month storage-time evaluation of one-bottle adhesive systems to dentin. *J Esthet Restor Dent* 15(1):43-48.
- Goldberg M, Takagi M (1993). Dentine proteoglycans: composition, ultrastructure and functions. *Histochem J* 25(11):781-806.
- Gopferich A (1996). Mechanisms of polymer degradation and erosion. *Biomaterials* 17(2):103-114.
- Goracci C, Sadek FT, Monticelli F, Cardoso PEC, Ferrari M (2004). Microtensile bond strength of self-etching adhesives to enamel and dentin. *J Adhes Dent* 6(4):313-318.
- Goracci C, Rengo C, Eusepi L, Juloski J, Vichi A, Ferrari M (2013). Influence of selective enamel etching on the bonding effectiveness of a new "all-in-one" adhesive. *Am J Dent* 26(2):99-104.
- Gregoire GL, Akon BA, Millas A (2002). Interfacial micromorphological differences in hybrid layer formation between water- and solvent-based dentin bonding systems. *J Prosthet Dent* 87(6):633-641.

Griffith AA (1921). The Phenomena of Rupture and Flow in Solids. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character* 221:163-198.

Guzman-Armstrong S, Armstrong SR, Qian F (2003). Relationship between nanoleakage and microtensile bond strength at the resin-dentin interface. *Oper Dent* 28(1):60-66.

Guzman-Ruiz S, Armstrong SR, Cobb DS, Vargas MA (2001). Association between microtensile bond strength and leakage in the indirect resin composite/dentin adhesively bonded joint. *J Dent* 29(2):145-153.

Gwinnett AJ, Jendresen MD (1978). Micromorphologic features of cervical erosion after acid conditioning and its relation with composite resin. *J Dent Res* 57(4):543-549.

Gwinnett AJ (1984). Smear layer: morphological considerations. *Oper Dent Suppl* 3:2-12.

Gwinnett AJ (1992). Moist versus dry dentin: its effect on shear bond strength. *Am J Dent* 5(3):127-129.

Gwinnett AJ, Kanca JA, 3rd (1992). Micromorphology of the bonded dentin interface and its relationship to bond strength. *Am J Dent* 5(2):73-77.

Gwinnett AJ (1993). Quantitative contribution of resin infiltration/hybridization to dentin bonding. *Am J Dent* 6(1):7-9.

Gwinnett AJ (1994a). Dentin bond strength after air drying and rewetting. *Am J Dent* 7(3):144-148.

Gwinnett AJ (1994b). Chemically conditioned dentin: a comparison of conventional and environmental scanning electron microscopy findings. *Dent Mater* 10(3):150-155.

Gwinnett AJ, Yu S (1995). Effect of long-term water storage on dentin bonding. *Am J Dent* 8(2):109-111.

Gwinnett AJ, Tay FR, Pang KM, Wei SH (1996). Quantitative contribution of the collagen network in dentin hybridization. *Am J Dent* 9(4):140-144.

Hagge MS, Lindemuth JS (2001). Shear bond strength of an autopolymerizing core buildup composite bonded to dentin with 9 dentin adhesive systems. *J Prosthet Dent* 86(6):620-623.

Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y, Van Ende A, Van Meerbeek B *et al.* (2012). Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine. *J Dent* 40(6):475-484.

Hansen EK (1989). Three-year study of cervical erosions restored with resin and dentin-bonding agent. *Acta Odontol Scand* 47(5):301-306.

Hase JC, Ainamo J, Etemadzadeh H, Astrom M (1995). Plaque formation and gingivitis after mouthrinsing with 0.2% delmopinol hydrochloride, 0.2% chlorhexidine digluconate

and placebo for 4 weeks, following an initial professional tooth cleaning. *J Clin Periodontol* 22(7):533-539.

Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H (2000). In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res* 79(6):1385-1391.

Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H (2001). Resin-tooth adhesive interfaces after long-term function. *Am J Dent* 14(211-215).

Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Sano H, Endo K, Oguchi H (2002a). The extent to which resin can infiltrate dentin by acetone-based adhesives. *J Dent Res* 81(1):74-78.

Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Sano H, Endo K, Oguchi H (2002b). Fractured surface characterization: wet versus dry bonding. *Dent Mater* 18(2):95-102.

Hashimoto M, Ohno H, Sano H, Tay FR, Kaga M, Kudou Y *et al.* (2002c). Micromorphological changes in resin-dentin bonds after 1 year of water storage. *J Biomed Mater Res* 63(3):306-311.

Hashimoto M, Ohno H, Sano H, Kaga M, Oguchi H (2003a). In vitro degradation of resin-dentin bonds analyzed by microtensile bond test, scanning and transmission electron microscopy. *Biomaterials* 24(21):3795-3803.

Hashimoto M, Ohno H, Sano H, Kaga M, Oguchi H (2003b). Degradation patterns of different adhesives and bonding procedures. *J Biomed Mater Res* 66(1):324-330.

Hashimoto M, Tay FR, Ohno H, Sano H, Kaga M, Yiu C *et al.* (2003c). SEM and TEM analysis of water degradation of human dentinal collagen. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 66(1):287-298.

Hashimoto M, De Munck J, Ito S, Sano H, Kaga M, Oguchi H *et al.* (2004a). In vitro effect of nanoleakage expression on resin-dentin bond strengths analyzed by microtensile bond test, SEM/EDX and TEM. *Biomaterials* 25(25):5565-5574.

Hashimoto M, Ito S, Tay FR, Svizero NR, Sano H, Kaga M *et al.* (2004b). Fluid movement across the resin-dentin interface during and after bonding. *J Dent Res* 83(11):843-848.

Hashimoto M, Sano H, Yoshida E, Hori M, Kaga M, Oguchi H *et al.* (2004c). Effects of multiple adhesive coatings on dentin bonding. *Oper Dent* 29(4):416-423.

Hashimoto M, Fujita S, Kaga M, Yawaka Y (2007). In vitro durability of one-bottle resin adhesives bonded to dentin. *Dent Mater* 26(5):677-686.

Hashimoto M, Fujita S, Kaga M, Yawaka Y (2008). Effect of water on bonding of one-bottle self-etching adhesives. *Dent Mater* 27(2):172-178.

Hashimoto M (2010). A review--micromorphological evidence of degradation in resin-dentin bonds and potential preventional solutions. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 92(1):268-280.

Hashimoto M, Fujita S, Nagano F, Ohno H, Endo K (2010). Ten-years degradation of resin-dentin bonds. *Eur J Oral Sci* 118(4):404-410.

- Hass V, Luque-Martinez I, Sabino NB, Loguercio AD, Reis A (2012). Prolonged exposure times of one-step self-etch adhesives on adhesive properties and durability of dentine bonds. *J Dent* 40(12):1090-1102.
- Hebling J, Pashley DH, Tjaderhane L, Tay FR (2005). Chlorhexidine arrests subclinical degradation of dentin hybrid layers in vivo. *J Dent Res* 84(8):741-746.
- Heintze SD, Rousson V (2011). Pooling of dentin microtensile bond strength data improves clinical correlation. *J Adhes Dent* 13(2):107-110.
- Heintze SD, Thunpithayakul C, Armstrong SR, Rousson V (2011). Correlation between microtensile bond strength data and clinical outcome of Class V restorations. *Dent Mater* 27(2):114-125.
- Heintze SD, Rousson V, Mahn E (2015). Bond strength tests of dental adhesive systems and their correlation with clinical results - A meta-analysis. *Dent Mater* 31(4):423-434.
- Herrera M, Carrion P, Bravo M, Castillo A (2000). Antibacterial activity of four dentin bonding systems. *Int J Antimicrob Agents* 15(4):305-309.
- Heymann HO, Sturdevant JR, Brunson WD, Wilder AD, Sluder TB, Bayne SC (1988). Twelve-month clinical study of dentinal adhesives in class V cervical lesions. *J Am Dent Assoc* 116(2):179-183.
- Hickel R, Manhart J (2001). Longevity of restorations in posterior teeth and reasons for failure. *J Adhes Dent* 3(1):45-64.
- Hikita K, Van Meerbeek B, De Munck J, Ikeda T, Van Landuyt K, Maida T *et al.* (2007). Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentin. *Dent Mater* 23(1):71-80.
- Hiraishi N, Nishiyama N, Ikemura K, Yau JY, King NM, Tagami J *et al.* (2005). Water concentration in self-etching primers affects their aggressiveness and bonding efficacy to dentin. *J Dent Res* 84(7):653-658.
- Holtan JR, Nystrom GP, Rensch SE, Phelps RA, Douglas WH (1994). Microleakage of five dentinal adhesives. *Oper Dent* 19(5):189-193.
- Hosaka K, Tagami J, Nishitani Y, Yoshiyama M, Carrilho M, Tay FR *et al.* (2007). Effect of wet vs. dry testing on the mechanical properties of hydrophilic self-etching primer polymers. *Eur J Oral Sci* 115(3):239-245.
- Hosaka K, Nishitani Y, Tagami J, Yoshiyama M, Brackett WW, Agee KA *et al.* (2009). Durability of resin-dentin bonds to water- vs. ethanol-saturated dentin. *J Dent Res* 88(2):146-151.
- Hotta M, Kondoh K, Kamemizu H (1998). Effect of primers on bonding agent polymerization. *J Oral Rehabil* 25(10):792-799.

- Hsu KW, Marshall SJ, Pinzon LM, Watanabe L, Saiz E, Marshall GW (2008). SEM evaluation of resin-cariou dentin interfaces formed by two dentin adhesive systems. *Dent Mater* 24(7):880-887.
- Huang X, Li L, Huang C, Du X (2011). Effect of ethanol-wet bonding with hydrophobic adhesive on caries-affected dentine. *Eur J Oral Sci* 119(4):310-315.
- Ibarra G, Vargas MA, Armstrong SR, Cobbb DS (2002). Microtensile bond strength of self-etching adhesives to ground and unground enamel. *J Adhes Dent* 4(2):115-124.
- Ibarra G, Vargas MA, Geurtsen W (2006). Interfacial and surface characterization of two self-etching adhesive systems and a total-etch adhesive after bonding to ground and unground bovine enamel--a qualitative study. *Clin Oral Investig* 10(4):331-341.
- Ikeda M, Tsubota K, Takamizawa T, Yoshida T, Miyazaki M, Platt JA (2008a). Bonding durability of single-step adhesives to previously acid-etched dentin. *Oper Dent* 33(6):702-709.
- Ikeda T, De Munck J, Shirai K, Hikita K, Inoue S, Sano H *et al.* (2005a). Effect of evaporation of primer components on ultimate tensile strengths of primer-adhesive mixture. *Dent Mater* 21(11):1051-1058.
- Ikeda T, De Munck J, Shirai K, Hikita K, Inoue S, Sano H *et al.* (2005b). Effect of fracture strength of primer-adhesive mixture on bonding effectiveness. *Dent Mater* 21(5):413-420.
- Ikeda T, De Munck J, Shirai K, Hikita K, Inoue S, Sano H *et al.* (2008b). Effect of air-drying and solvent evaporation on the strength of HEMA-rich versus HEMA-free one-step adhesives. *Dent Mater* 24(10):1316-1323.
- Ikemura K, Endo T (1999). Effect on adhesion of new polymerization initiator systems comprising 5-monosubstituted barbituric acids, aromatic sulfinic amides, and tert-butyl peroxy maleic acid in dental adhesive resin. *J Appl Polym Sci* 72(13):1655-1668.
- Imazato S (2003). Antibacterial properties of resin composites and dentin bonding systems. *Dent Mater* 19(6):449-457.
- Imazato S, Kuramoto A, Takahashi Y, Ebisu S, Peters MC (2006). In vitro antibacterial effects of the dentin primer of Clearfil Protect Bond. *Dent Mater* 22(6):527-532.
- Imazato S, Tay FR, Kaneshiro AV, Takahashi Y, Ebisu S (2007). An in vivo evaluation of bonding ability of comprehensive antibacterial adhesive system incorporating MDPB. *Dent Mater* 23(2):170-176.
- Inoue S, Vargas MA, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G *et al.* (2001). Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. *J Adhes Dent* 3:237-245.
- Inoue S, Koshiro K, Yoshida Y, De Munck J, Nagakane K, Suzuki K *et al.* (2005). Hydrolytic stability of self-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res* 84(12):1160-1164.

- Isolan CP, Valente LL, Munchow EA, Basso GR, Pimentel AH, Schwantz JK *et al.* (2014). Bond strength of a universal bonding agent and other contemporary dental adhesives applied on enamel, dentin, composite, and porcelain. *Appl Adhes Sci* 2(1).
- Ito S, Hashimoto M, Wadgaonkar B, Svizero N, Carvalho RM, Yiu C *et al.* (2005a). Effects of resin hydrophilicity on water sorption and changes in modulus of elasticity. *Biomaterials* 26(33):6449-6459.
- Ito S, Tay FR, Hashimoto M, Yoshiyama M, Saito T, Brackett WW *et al.* (2005b). Effects of multiple coatings of two all-in-one adhesives on dentin bonding. *J Adhes Dent* 7(2):133-141.
- Ito S, Hoshino T, Iijima M, Tsukamoto N, Pashley DH, Saito T (2010). Water sorption/solubility of self-etching dentin bonding agents. *Dent Mater* 26(7):617-626.
- Itoh S, Nakajima M, Hosaka K, Okuma M, Takahashi M, Shinoda Y *et al.* (2010). Dentin bond durability and water sorption/solubility of one-step self-etch adhesives. *Dent Mater* 29(5):623-630.
- Itthagarun A, Tay FR, Pashley DH, Wefel JS, Garcia-Godoy F, Wei SH (2004). Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part III. Evidence from fluid conductance and artificial caries inhibition. *Am J Dent* 17(6):394-400.
- Jacobsen T, Söderholm KJ (1995). Some effects of water on dentin bonding. *Dent Mater* 11(2):132-136.
- Jacobsen T, Soderholm KJ (1998). Effect of primer solvent, primer agitation, and dentin dryness on shear bond strength to dentin. *Am J Dent* 11(5):225-228.
- Jacques P, Hebling J (2005). Effect of dentin conditioners on the microtensile bond strength of a conventional and a self-etching primer adhesive system. *Dent Mater* 21(2):103-109.
- Kaaden C, Powers JM, Friedl KH, Schmalz G (2002). Bond strength of self-etching adhesives to dental hard tissues. *Clin Oral Investig* 6(3):155-160.
- Kanca J (1992a). Improving bond strength through acid etching of dentin and bonding to wet dentin surfaces. *J Am Dent Assoc* 123(9):35-43.
- Kanca J, 3rd (1992b). Resin bonding to wet substrate. 1. Bonding to dentin. *Quintessence Int* 23(1):39-41.
- Kanca J, 3rd (1992c). Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin. *Am J Dent* 5(4):213-215.
- Kanca J, 3rd (1996). Wet bonding: effect of drying time and distance. *Am J Dent* 9(6):273-276.
- Kanemura N, Sano H, Tagami J (1999). Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces. *J Dent* 27(7):523-530.

- Kato G, Nakabayashi N (1996). Effect of phosphoric acid concentration on wet-bonding to etched dentin. *Dent Mater* 12(4):250-255.
- Kato G, Nakabayashi N (1998). The durability of adhesion to phosphoric acid etched, wet dentin substrates. *Dent Mater* 14(5):347-352.
- Kenshima S, Reis A, Uceda-Gomez N, Tancredo Lde L, Filho LE, Nogueira FN *et al.* (2005). Effect of smear layer thickness and pH of self-etching adhesive systems on the bond strength and gap formation to dentin. *J Adhes Dent* 7(2):117-126.
- Kenshima S, Francci C, Reis A, Loguercio AD, Filho LE (2006). Conditioning effect on dentin, resin tags and hybrid layer of different acidity self-etch adhesives applied to thick and thin smear layer. *J Dent* 34(10):775-783.
- Kidd EA (1976). Microleakage: a review. *J Dent* 4(5):199-206.
- King NM, Hiraishi N, Yiu CK, Pashley EL, Loushine RJ, Rueggeberg FA *et al.* (2005). Effect of resin hydrophilicity on water-vapour permeability of dental adhesive films. *Eur J Oral Sci* 113(5):436-442.
- Kitasako Y, Burrow MF, Nikaido T, Tagami J (2000). The influence of storage solution on dentin bond durability of resin cement. *Dent Mater* 16(1):1-6.
- Koibuchi H, Yasuda N, Nakabayashi N (2001). Bonding to dentin with a self-etching primer: the effect of smear layers. *Dent Mater* 17(2):122-126.
- Krauser JT (1986). Hypersensitive teeth. Part I: Etiology. *J Prosthet Dent* 56(2):153-156.
- Kubo S, Kawasaki K, Yokota H, Hayashi Y (2006). Five-year clinical evaluation of two adhesive systems in non-carious cervical lesions. *J Dent* 34(2):97-105.
- Kugel G, Ferrari M (2000). The science of bonding: from first to sixth generation. *Journal of the American Dental Association* (1939) 131 (Suppl):20S-25S.
- Lai SC, Tay FR, Cheung GS, Mak YF, Carvalho RM, Wei SH *et al.* (2002). Reversal of compromised bonding in bleached enamel. *J Dent Res* 81(7):477-481.
- Langer A, Ilie N (2013). Dentin infiltration ability of different classes of adhesive systems. *Clin Oral Investig* 17(1):205-216.
- Latta MA, Barkmeier WW (1998). Dental adhesives in contemporary restorative dentistry. *Dent Clin North Am* 42(4):567-577.
- Latta MA, Naughton WT (2005). Bonding and curing considerations for incipient and hidden caries. *Dent Clin North Am* 49(4):889-904, viii.
- LeGeros RZ (1991). Calcium phosphates in oral biology and medicine. *Monogr Oral Sci* 15:1-201.
- Levine RS (1971). The distribution of hydroxyproline in sound human coronal dentine. *Arch Oral Biol* 16(5):473-478.

- Li F, Chen J, Chai Z, Zhang L, Xiao Y, Fang M *et al.* (2009). Effects of a dental adhesive incorporating antibacterial monomer on the growth, adherence and membrane integrity of *Streptococcus mutans*. *J Dent* 37(4):289-296.
- Li H, Burrow MF, Tyas MJ (2000a). Nanoleakage patterns of four dentin bonding systems. *Dent Mater* 16(1):48-56.
- Li H, Burrow MF, Tyas MJ (2000b). Nanoleakage of cervical restorations of four dentin bonding systems. *J Adhes Dent* 2(1):57-65.
- Li H, Burrow MF, Tyas MJ (2002). The effect of load cycling on the nanoleakage of dentin bonding systems. *Dent Mater* 18(2):111-119.
- Li H, Burrow MF, Tyas MJ (2003). The effect of concentration and pH of silver nitrate solution on nanoleakage. *J Adhes Dent* 5(1):19-25.
- Li HP, Burrow MF, Tyas MJ (2001). The effect of long-term storage on nanoleakage. *Oper Dent* 26(6):609-616.
- Lin A, McIntyre NS, Davidson RD (1992). Studies on the adhesion of glass-ionomer cements to dentin. *J Dent Res* 71(11):1836-1841.
- Linde A (1985). The extracellular matrix of the dental pulp and dentin. *J Dent Res* 64 (Spec No):523-529.
- Linden JJ, Swift EJ, Jr. (1994). Microleakage of two new dentin adhesives. *Am J Dent* 7(1):31-34.
- Liu Y, Tjaderhane L, Breschi L, Mazzoni A, Li N, Mao J *et al.* (2011). Limitations in bonding to dentin and experimental strategies to prevent bond degradation. *J Dent Res* 90(8):953-968.
- Loguercio AD, Uceda-Gomez N, Carrilho MR, Reis A (2005). Influence of specimen size and regional variation on long-term resin-dentin bond strength. *Dent Mater* 21(3):224-231.
- Loguercio AD, Costenaro A, Silveira AP, Ribeiro NR, Rossi TR, Reis A (2006). A six-month clinical study of a self-etching and an etch-and-rinse adhesive applied as recommended and after doubling the number of adhesive coats. *J Adhes Dent* 8(4):255-261.
- Loguercio AD, Reis A (2008). Application of a dental adhesive using the self-etch and etch-and-rinse approaches: an 18-month clinical evaluation. *J Am Dent Assoc* 139(1):53-61.
- Loguercio AD, Loeblein F, Cherobin T, Ogliari F, Piva E, Reis A (2009a). Effect of solvent removal on adhesive properties of simplified etch-and-rinse systems and on bond strengths to dry and wet dentin. *J Adhes Dent* 11(3):213-219.
- Loguercio AD, Stanislawczuk R, Polli LG, Costa JA, Michel MD, Reis A (2009b). Influence of chlorhexidine digluconate concentration and application time on resin-dentin bond strength durability. *Eur J Oral Sci* 117(5):587-596.

- Loguercio AD, Raffo J, Bassani F, Balestrini H, Santo D, do Amaral RC *et al.* (2011a). 24-month clinical evaluation in non-carious cervical lesions of a two-step etch-and-rinse adhesive applied using a rubbing motion. *Clin Oral Investig* 15(4):589-596.
- Loguercio AD, Stanislawczuk R, Mena-Serrano A, Reis A (2011b). Effect of 3-year water storage on the performance of one-step self-etch adhesives applied actively on dentine. *J Dent* 39(8):578-587.
- Loguercio AD, Luque-Martinez I, Munoz MA, Szesz AL, Cuadros-Sanchez J, Reis A (2014). A comprehensive laboratory screening of three-step etch-and-rinse adhesives. *Oper Dent* 39(6):652-662.
- Loguercio AD, de Paula EA, Hass V, Luque-Martinez I, Reis A, Perdigão J (2015a). A New Universal Simplified Adhesive: 36-Month Randomized Double-blind Clinical Trial. *J Dent* 43(9):1083-1092.
- Loguercio AD, Munoz MA, Luque-Martinez I, Hass V, Reis A, Perdigão J (2015b). Does active application of universal adhesives to enamel in self-etch mode improve their performance? *J Dent* 43(9):1060-1070.
- Lohbauer U, Nikolaenko SA, Petschelt A, Frankenberger R (2008). Resin tags do not contribute to dentin adhesion in self-etching adhesives. *J Adhes Dent* 10(2):97-103.
- Lopes GC, Baratieri LN, de Andrada MA, Vieira LC (2002). Dental adhesion: present state of the art and future perspectives. *Quintessence Int* 33(3):213-224.
- Loria P, Chiappe M, Bruzzzone G, Spina G (1984). [Dentin adhesive resins: new application and clinical results in conservative therapy (1: Cavex Clearfil adhesive resin)]. *Parodontol Stomatol (Nuova)* 23(1):119-126.
- Luque-Martinez IV, Perdigão J, Munoz MA, Sezinando A, Reis A, Loguercio AD (2014). Effects of solvent evaporation time on immediate adhesive properties of universal adhesives to dentin. *Dent Mater* 30(10):1126-1135.
- Maciel KT, Carvalho RM, Ringle RD, Preston CD, Russell CM, Pashley DH (1996). The effects of acetone, ethanol, HEMA, and air on the stiffness of human decalcified dentin matrix. *J Dent Res* 75(11):1851-1858.
- MacInnis WA, Ismail A, Brogan H (1991). Placement and replacement of restorations in a military population. *J Can Dent Assoc* 57(3):227-231.
- Malacarne J, Carvalho RM, de Goes MF, Svizero N, Pashley DH, Tay FR *et al.* (2006). Water sorption/solubility of dental adhesive resins. *Dent Mater* 22(10):973-980.
- Manhart J, Trumm C (2010). Marginal adaptation of an etch-and-rinse adhesive with a new type of solvent in class II cavities after artificial aging. *Clin Oral Investig* 14(6):699-705.
- Manso AP, Marquezini L, Jr., Silva SM, Pashley DH, Tay FR, Carvalho RM (2008). Stability of wet versus dry bonding with different solvent-based adhesives. *Dent Mater* 24(4):476-482.

- Manson-Rahemtulla B, Retief DH, Jamison HC (1984). Effect of concentrations of phosphoric acid on enamel dissolution. *J Prosthet Dent* 51(4):495-498.
- Marchesi G, Frassetto A, Mazzoni A, Apolonio F, Diolosa M, Cadenaro M *et al.* (2014). Adhesive performance of a multi-mode adhesive system: 1-year in vitro study. *J Dent* 42(5):603-612.
- Marchetti C, Piacentini C, Menghini P (1992). Morphometric computerized analysis on the dentinal tubules and the collagen fibers in the dentine of human permanent teeth. *Bull Group Int Rech Sci Stomatol Odontol* 35(3-4):125-129.
- Margvelashvili M, Goracci C, Beloica M, Papacchini F, Ferrari M (2010). In vitro evaluation of bonding effectiveness to dentin of all-in-one adhesives. *J Dent* 38(2):106-112.
- Marshall GW, Jr. (1993). Dentin: microstructure and characterization. *Quintessence Int* 24(9):606-617.
- Marshall GW, Jr., Balooch M, Kinney JH, Marshall SJ (1995). Atomic force microscopy of conditioning agents on dentin. *J Biomed Mater Res* 29(11):1381-1387.
- Marshall GW, Jr., Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M (1997). The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent* 25(6):441-458.
- Maurin JC, Lagneau C, Durand M, Lissac M, Seux D (2006). Tensile and shear bond strength evaluation of a total-etch three-step and two self-etching one-step dentin bonding systems. *J Adhes Dent* 8(1):27-30.
- Mazzoni A, Pashley DH, Nishitani Y, Breschi L, Mannello F, Tjaderhane L *et al.* (2006). Reactivation of inactivated endogenous proteolytic activities in phosphoric acid-etched dentine by etch-and-rinse adhesives. *Biomaterials* 27(25):4470-4476.
- Mazzoni A, Pashley DH, Ruggeri A, Jr., Vita F, Falconi M, Di Lenarda R *et al.* (2008). Adhesion to chondroitinase ABC treated dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 86(1):228-236.
- Mazzoni A, Scaffa P, Carrilho M, Tjaderhane L, Di Lenarda R, Polimeni A *et al.* (2013). Effects of etch-and-rinse and self-etch adhesives on dentin MMP-2 and MMP-9. *J Dent Res* 92(1):82-86.
- Mena-Serrano A, Kose C, De Paula EA, Tay LY, Reis A, Loguercio AD *et al.* (2013). A new universal simplified adhesive: 6-month clinical evaluation. *J Esthet Restor Dent* 25(1):55-69.
- Miears JR, Jr., Charlton DG, Hermes CB (1995). Effect of dentin moisture and storage time on resin bonding. *Am J Dent* 8(2):80-82.
- Milia E, Santini A (2003). Ultrastructural transmission electron microscopy (TEM) study of hybrid layers formed beneath a one-bottle adhesive system using the total-etch technique and a self-etching system. *Quintessence Int* 34(6):447-452.
- Miller MB (2002). Self-etching adhesives: solving the sensitivity conundrum. *Pract Proced Aesthet Dent* 14(5):406.

- Mine A, De Munck J, Cardoso MV, Van Landuyt KL, Poitevin A, Kuboki T *et al.* (2009). Bonding effectiveness of two contemporary self-etch adhesives to enamel and dentin. *J Dent* 37(11):872-883.
- Mine A, De Munck J, Vivan Cardoso M, Van Landuyt KL, Poitevin A, Kuboki T *et al.* (2010). Enamel-smear compromises bonding by mild self-etch adhesives. *J Dent Res* 89(12):1505-1509.
- Mitra SB, Lee CY, Bui HT, Tantbirojn D, Rusin RP (2009). Long-term adhesion and mechanism of bonding of a paste-liquid resin-modified glass-ionomer. *Dent Mater* 25(4):459-466.
- Miyazaki M, Ando S, Hinoura K, Onose H, Moore BK (1995). Influence of filler addition to bonding agents on shear bond strength to bovine dentin. *Dent Mater* 11(4):234-238.
- Miyazaki M, Onose H, Moore BK (2002). Analysis of the dentin-resin interface by use of laser Raman spectroscopy. *Dent Mater* 18(8):576-580.
- Mobarak EH, Daifalla LE (2012). Long-term nanoleakage depth and pattern of cervical restorations bonded with different adhesives. *Oper Dent* 37(1):45-53.
- Mohan B, Kandaswamy D (2005). A confocal microscopic evaluation of resin-dentin interface using adhesive systems with three different solvents bonded to dry and moist dentin in vitro study. *Quintessence Int* 36(7-8):511-521.
- Moll K, Haller B (2000). Effect of intrinsic and extrinsic moisture on bond strength to dentine. *J Oral Rehabil* 27(2):150-165.
- Moll K, Park HJ, Haller B (2005). Effect of simulated pulpal pressure on dentin bond strength of self-etching bonding systems. *Am J Dent* 18(5):335-339.
- Moszner N, Salz U, Zimmermann J (2005). Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: a systematic review. *Dent Mater* 21(10):895-910.
- Mowery AS, Jr., Parker M, Davis EL (1987). Dentin bonding: the effect of surface roughness on shear bond strength. *Oper Dent* 12(3):91-94.
- Munksgaard EC, Asmussen E (1984). Bond strength between dentin and restorative resins mediated by mixtures of HEMA and glutaraldehyde. *J Dent Res* 63(8):1087-1089.
- Muñoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NH (2013). Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent* 41(5):404-411.
- Muñoz MA, Sezinando A, Luque-Martinez I, Szesz AL, Reis A, Loguercio AD *et al.* (2014). Influence of a hydrophobic resin coating on the bonding efficacy of three universal adhesives. *J Dent* 42(5):595-602.
- Muñoz MA, Luque-Martinez I, Malaquias P, Hass V, Reis A, Campanha NH *et al.* (2015). In vitro longevity of bonding properties of universal adhesives to dentin. *Oper Dent* 40(3):282-292.

- Murray PE, Hafez AA, Windsor LJ, Smith AJ, Cox CF (2002a). Comparison of pulp responses following restoration of exposed and non-exposed cavities. *J Dent* 30(5-6):213-222.
- Murray PE, Stanley HR, Matthews JB, Sloan AJ, Smith AJ (2002b). Age-related odontometric changes of human teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 93(4):474-482.
- Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E (1982). The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res* 16(3):265-273.
- Nakabayashi N, Watanabe A (1985). TEM studies of treated dentin surface. The embedding and adhesion mechanisms. *Reports of the Institute for Medical and Dental Engineering, Tokyo Medical and Dental University* 19:31-38.
- Nakabayashi N, Nakamura M, Yasuda N (1991). Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism. *J Esthet Dent* 3(4):133-138.
- Nakabayashi N, Takarada K (1992). Effect of HEMA on bonding to dentin. *Dent Mater* 8(2):125-130.
- Nakabayashi N, Watanabe A, Gendusa NJ (1992). Dentin adhesion of "modified" 4-META/MMA-TBB resin: function of HEMA. *Dent Mater* 8(4):259-264.
- Nakabayashi N, Saimi Y (1996). Bonding to intact dentin. *J Dent Res* 75(9):1706-1715.
- Nakabayashi N, Pashley DH (1998). In: Hybridization of Dental Hard Tissues. Chicago: Quintessence Publishing Company, pp. 37-56.
- Nakajima M, Sano H, Burrow MF, Tagami J, Yoshiyama M, Ebisu S *et al.* (1995). Tensile bond strength and SEM evaluation of caries-affected dentin using dentin adhesives. *J Dent Res* 74(10):1679-1688.
- Nakajima M, Sano H, Zheng L, Tagami J, Pashley DH (1999). Effect of moist vs. dry bonding to normal vs. caries-affected dentin with Scotchbond Multi-Purpose Plus. *J Dent Res* 78(7):1298-1303.
- Nakajima M, Kanemura N, Pereira PN, Tagami J, Pashley DH (2000). Comparative microtensile bond strength and SEM analysis of bonding to wet and dry dentin. *Am J Dent* 13(6):324-328.
- Nakajima M, Okuda M, Pereira PNR, Tagami J, Pashley DH (2002). Dimensional changes and ultimate tensile strengths of wet decalcified dentin applied with one-bottle adhesives. *Dent Mater* 18(8):603-608.
- Nakajima M, Hosaka K, Yamauti M, Foxton RM, Tagami J (2006). Bonding durability of a self-etching primer system to normal and caries-affected dentin under hydrostatic pulpal pressure in vitro. *Am J Dent* 19(3):147-150.
- Nakaoki Y, Nikaido T, Pereira PN, Inokoshi S, Tagami J (2000). Dimensional changes of demineralized dentin treated with HEMA primers. *Dent Mater* 16(6):441-446.

- Nikaido T, Kunzelmann KH, Chen H, Ogata M, Harada N, Yamaguchi S *et al.* (2002). Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on bond strength of a self-etching primer system to dentin. *Dent Mater* 18(3):269-275.
- Nishitani Y, Yoshiyama M, Wadgaonkar B, Breschi L, Mannello F, Mazzoni A *et al.* (2006). Activation of gelatinolytic/collagenolytic activity in dentin by self-etching adhesives. *Eur J Oral Sci* 114(2):160-166.
- Nishitani Y, Yoshiyama M, Hosaka K, Tagami J, Donnelly A, Carrilho M *et al.* (2007). Use of Hoy's solubility parameters to predict water sorption/solubility of experimental primers and adhesives. *Eur J Oral Sci* 115(1):81-86.
- Nishiyama N, Suzuki K, Yoshida H, Teshima H, Nemoto K (2004). Hydrolytic stability of methacrylamide in acidic aqueous solution. *Biomaterials* 25(6):965-969.
- Niu LN, Zhang L, Jiao K, Li F, Ding YX, Wang DY *et al.* (2011). Localization of MMP-2, MMP-9, TIMP-1, and TIMP-2 in human coronal dentine. *J Dent* 39(8):536-542.
- Norling BK (2003). Bonding. In: Phillips' Science of Dent Mater. KJ Anusavice, C Shen e HR Rawls editors: Elsevier Health Sciences, pp. 381-398.
- Nunes MF, Swift EJ, Jr., Perdigão J (2001a). Effects of demineralization depth on microtensile bond strength to human dentin. *J Adhes Dent* 3(2):137-143.
- Nunes MF, Swift EJ, Perdigão J (2001b). Effects of adhesive composition on microtensile bond strength to human dentin. *Am J Dent* 14(6):340-343.
- Nunes TG, Ceballos L, Osorio R, Toledano M (2005). Spatially resolved photopolymerization kinetics and oxygen inhibition in dental adhesives. *Biomaterials* 26(14):1809-1817.
- Nunes TG, Garcia FC, Osorio R, Carvalho R, Toledano M (2006). Polymerization efficacy of simplified adhesive systems studied by NMR and MRI techniques. *Dent Mater* 22(10):963-972.
- Nyunt MM, Imai Y (1996). Adhesion to dentin with resin using sulfinic acid initiator system. *Dent Mater* 15(2):175-182.
- O'Keefe KL, Powers JM (2001). Adhesion of resin composite core materials to dentin. *Int J Prosthodont* 14(5):451-456.
- Ogata M, Harada N, Yamaguchi S, Nakajima M, Pereira PN, Tagami J (2001). Effects of different burs on dentin bond strengths of self-etching primer bonding systems. *Oper Dent* 26(4):375-382.
- Ogata M, Harada N, Yamaguchi S, Nakajima M, Tagami J (2002). Effect of self-etching primer vs phosphoric acid etchant on bonding to bur-prepared dentin. *Oper Dent* 27(5):447-454.
- Okada H, Sadr A, Shimada Y, Tagami J (2009). Micro-shear bond strength of current one-step adhesives to cementum and dentin. *Am J Dent* 22(5):259-263.

- Okuda M, Pereira PN, Nakajima M, Tagami J (2001). Relationship between nanoleakage and long-term durability of dentin bonds. *Oper Dent* 26(5):482-490.
- Okuda M, Pereira PN, Nakajima M, Tagami J, Pashley DH (2002). Long-term durability of resin dentin interface: nanoleakage vs. microtensile bond strength. *Oper Dent* 27(3):289-296.
- Olgart L, Gazelius B (1977). Effects of adrenaline and felypressin (octapressin) on blood flow and sensory nerve activity in the tooth. *Acta Odontol Scand* 35(2):69-75.
- Oliveira Ae (2004). Mecanismos de adesão: análise de self-etching materials (Tese de Doutorado). Porto, Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto.
- Oliveira SS, Pugach MK, Hilton JF, Watanabe LG, Marshall SJ, Marshall GW, Jr. (2003). The influence of the dentin smear layer on adhesion: a self-etching primer vs. a total-etch system. *Dent Mater* 19(8):758-767.
- Opdam NJ, Roeters FJ, Feilzer AJ, Verdonschot EH (1998). Marginal integrity and postoperative sensitivity in Class 2 resin composite restorations in vivo. *J Dent* 26(7):555-562.
- Osorio R, Yamauti M, Osorio E, Roman JS, Toledano M (2011). Zinc-doped dentin adhesive for collagen protection at the hybrid layer. *Eur J Oral Sci* 119(5):401-410.
- Osorio R, Yamauti M, Ruiz-Requena ME, Toledano M (2013). MMPs activity and bond strength in deciduous dentine-resin bonded interfaces. *J Dent* 41(6):549-555.
- Panighi M, G'Sell C (1993). Effect of the tooth microstructure on the shear bond strength of a dental composite. *J Biomed Mater Res* 27(8):975-981.
- Pashley DH, Livingston MJ, Greenhill JD (1978a). Regional resistances to fluid flow in human dentine in vitro. *Arch Oral Biol* 23(9):807-810.
- Pashley DH, Livingston MJ, Reeder OW, Horner J (1978b). Effects of the degree of tubule occlusion on the permeability of human dentine in vitro. *Arch Oral Biol* 23(12):1127-1133.
- Pashley DH (1984). Smear layer: physiological considerations. *Oper Dent Suppl* 3:13-29.
- Pashley DH, Tao L, Boyd L, King GE, Horner JA (1988a). Scanning electron microscopy of the substructure of smear layers in human dentine. *Arch Oral Biol* 33(4):265-270.
- Pashley DH, Tao L, Boyd L, King GE, Horner JA (1988b). Scanning electron microscopy of the substructure of smear layers in human dentine. *Arch Oral Biol* 33(4):265-270.
- Pashley DH (1989). Dentine: a dynamic substrate--a review. *Scanning Microsc* 3(1):161-174; discussion 174-166.
- Pashley DH (1990). Clinical considerations of microleakage. *J Endod* 16(2):70-77.

- Pashley DH (1991). Clinical correlations of dentin structure and function. *J Prosthet Dent* 66(6):777-781.
- Pashley DH (1992). The effects of acid etching on the pulpodentin complex. *Oper Dent* 17(6):229-242.
- Pashley DH, Horner JA, Brewer PD (1992). Interactions of conditioners on the dentin surface. *Oper Dent Suppl* 5:137-150.
- Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, Horner JA (1993). Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int* 24(9):618-631.
- Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM (1995). Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dent Mater* 11(2):117-125.
- Pashley DH (1996). Dynamics of the pulpo-dentin complex. *Crit Rev Oral Biol Med* 7(2):104-133.
- Pashley DH, Carvalho RM (1997). Dentine permeability and dentine adhesion. *J Dent* 25(5):355-372.
- Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y *et al.* (1999). The microtensile bond test: a review. *J Adhes Dent* 1(4):299-309.
- Pashley DH, Zhang Y, Agee KA, Rouse CJ, Carvalho RM, Russell CM (2000). Permeability of demineralized dentin to HEMA. *Dent Mater* 16(1):7-14.
- Pashley DH, Agee KA, Nakajima M, Tay FR, Carvalho RM, Terada RS *et al.* (2001). Solvent-induced dimensional changes in EDTA-demineralized dentin matrix. *J Biomed Mater Res* 56(2):273-281.
- Pashley DH, Tay FR (2001). Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater* 17(5):430-444.
- Pashley DH, Carvalho RM, Tay FR, Agee KA, Lee KW (2002a). Solvation of dried dentin matrix by water and other polar solvents. *Am J Dent* 15(2):97-102.
- Pashley DH, Pashley EL, Carvalho RM, Tay FR (2002b). The effects of dentin permeability on restorative dentistry. *Dent Clin North Am* 46(2):211-245, v-vi.
- Pashley DH, Tay FR, Yiu C, Hashimoto M, Breschi L, Carvalho RM *et al.* (2004). Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res* 83(3):216-221.
- Pashley DH, Tay FR, Carvalho RM, Rueggeberg FA, Agee KA, Carrilho M *et al.* (2007). From dry bonding to water-wet bonding to ethanol-wet bonding. A review of the interactions between dentin matrix and solvated resins using a macromodel of the hybrid layer. *Am J Dent* 20(1):7-20.
- Pashley DH, Tay FR, Breschi L, Tjaderhane L, Carvalho RM, Carrilho M *et al.* (2011a). State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater* 27(1):1-16.

Pashley DH, Tay FR, Breschi L, Tjäderhane L, Carvalho RM, Carrilho M *et al.* (2011b). State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater* 27(1):1-16.

Pashley EL, Zhang Y, Lockwood PE, Rueggeberg FA, Pashley DH (1998). Effects of HEMA on water evaporation from water-HEMA mixtures. *Dent Mater* 14(1):6-10.

Pashley EL, Agee KA, Pashley DH, Tay FR (2002c). Effects of one versus two applications of an unfilled, all-in-one adhesive on dentine bonding. *J Dent* 30(2-3):83-90.

Paul SJ, Leach M, Rueggeberg FA, Pashley DH (1999a). Effect of water content on the physical properties of model dentine primer and bonding resins. *J Dent* 27(3):209-214.

Paul SJ, Leach M, Rueggeberg FA, Pashley DH (1999b). Effect of water content on the physical properties of model dentine primer and bonding resins. *J Dent* 27(3):209-214.

Paul SJ, Welter DA, Ghazi M, Pashley D (1999c). Nanoleakage at the dentin adhesive interface vs microtensile bond strength. *Oper Dent* 24(3):181-188.

Pegado REF, do Amaral FLB, Flório FM, Basting RT (2010). Effect of different bonding strategies on adhesion to deep and superficial permanent dentin. *Eur J Dent* 4(2):110-117.

Perdigao J, Swift EJ (1994). Analysis of dental adhesive systems using scanning electron microscopy. *Int Dent J* 44(4):349-359.

Perdigao J, Ramos JC, Lambrechts P (1997). In vitro interfacial relationship between human dentin and one-bottle dental adhesives. *Dent Mater* 13(4):218-227.

Perdigão J, Swift EJ, Jr., Denehy GE, Wefel JS, Donly KJ (1994). In vitro bond strengths and SEM evaluation of dentin bonding systems to different dentin substrates. *J Dent Res* 73(1):44-55.

Perdigão J (1995). An Ultra-morphological Study of Human Dentine Exposed to Adhesive Systems (Tese de Doutorado). Leuven, Bélgica, Catholic University of Leuven.

Perdigão J, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Vanherle G, Lopes AL (1995). Field emission SEM comparison of four postfixation drying techniques for human dentin. *J Biomed Mater Res* 29(9):1111-1120.

Perdigão J, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Braem M, Yildiz E, Yucel T *et al.* (1996a). The interaction of adhesive systems with human dentin. *Am J Dent* 9(4):167-173.

Perdigão J, Lambrechts P, van Meerbeek B, Tome AR, Vanherle G, Lopes AB (1996b). Morphological field emission-SEM study of the effect of six phosphoric acid etching agents on human dentin. *Dent Mater* 12(4):262-271.

Perdigão J, Lopes L, Lambrechts P, Leitao J, Van Meerbeek B, Vanherle G (1997). Effects of a self-etching primer on enamel shear bond strengths and SEM morphology. *Am J Dent* 10(3):141-146.

- Perdigão J, Swift EJ, Jr., Heymann HO, Malek MA (1998). Effect of a re-wetting agent on the performance of acetone-based dentin adhesives. *Am J Dent* 11(5):207-213.
- Perdigão J, Lopes M (1999). Dentin bonding--questions for the new millennium. *J Adhes Dent* 1(3):191-209.
- Perdigão J, Swift EJ, Jr., Lopes GC (1999a). Effects of repeated use on bond strengths of one-bottle adhesives. *Quintessence Int* 30(12):819-823.
- Perdigão J, Thompson JY, Toledano M, Osorio R (1999b). An ultra-morphological characterization of collagen-depleted etched dentin. *Am J Dent* 12(5):250-255.
- Perdigão J, Van Meerbeek B, Lopes MM, Ambrose WW (1999c). The effect of a re-wetting agent on dentin bonding. *Dent Mater* 15(4):282-295.
- Perdigão J, Frankenberger R (2001). Effect of solvent and rewetting time on dentin adhesion. *Quintessence Int* 32(5):385-390.
- Perdigão J, Lopes M (2001). The effect of etching time on dentin demineralization. *Quintessence Int* 32(1):19-26.
- Perdigão J, Ritter AV (2001). Odontologia Restauradora: fundamentos e possibilidades In: Adesão aos tecidos dentários. LN Baratieri editor: Livraria Edição Santos, pp. 83-128.
- Perdigão J (2002). Dentin bonding as a function of dentin structure. *Dent Clin North Am* 46(2):277-301, vi.
- Perdigão J, Geraldeli S, Carmo AR, Dutra HR (2002). In vivo influence of residual moisture on microtensile bond strengths of one-bottle adhesives. *J Esthet Restor Dent* 14(1):31-38.
- Perdigão J, Geraldeli S (2003). Bonding characteristics of self-etching adhesives to intact versus prepared enamel. *J Esthet Restor Dent* 15(1):32-41.
- Perdigão J, Geraldeli S, Hodges JS (2003). Total-etch versus self-etch adhesive: effect on postoperative sensitivity. *J Am Dent Assoc* 134(12):1621-1629.
- Perdigão J, Anauate-Netto C, Carmo AR, Lewgoy HR, Cordeiro HJ, Dutra-Correa M *et al.* (2004). Influence of acid etching and enamel beveling on the 6-month clinical performance of a self-etch dentin adhesive. *Compend Contin Educ Dent* 25(1):33-34, 36-38, 40 passim; quiz 46-37.
- Perdigão J, Carmo AR, Anauate-Netto C, Amore R, Lewgoy HR, Cordeiro HJ *et al.* (2005a). Clinical performance of a self-etching adhesive at 18 months. *Am J Dent* 18(2):135-140.
- Perdigão J, Carmo AR, Geraldeli S (2005b). Eighteen-month clinical evaluation of two dentin adhesives applied on dry vs moist dentin. *J Adhes Dent* 7(3):253-258.
- Perdigão J, Gomes G, Duarte S, Jr., Lopes MM (2005c). Enamel bond strengths of pairs of adhesives from the same manufacturer. *Oper Dent* 30(4):492-499.

- Perdigão J, Gomes G, Gondo R, Fundingsland JW (2006a). In vitro bonding performance of all-in-one adhesives. Part I--microtensile bond strengths. *J Adhes Dent* 8(6):367-373.
- Perdigão J, Gomes G, Lopes MM (2006b). Influence of conditioning time on enamel adhesion. *Quintessence Int* 37(1):35-41.
- Perdigão J (2007). New developments in dental adhesion. *Dent Clin North Am* 51(2):333-357, viii.
- Perdigão J, Dutra-Correa M, Castilhos N, Carmo AR, Anauate-Netto C, Cordeiro HJ *et al.* (2007). One-year clinical performance of self-etch adhesives in posterior restorations. *Am J Dent* 20(2):125-133.
- Perdigão J, Lopes MM, Gomes G (2008). In vitro bonding performance of self-etch adhesives: II--ultramorphological evaluation. *Oper Dent* 33(5):534-549.
- Perdigão J (2010). Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater* 26(2):e24-37.
- Perdigão J, Sezinando A, Gomes G (2011). Microtensile bond strengths and interfacial examination of a polyalkenoate-based 1-step adhesive. *Am J Dent* 24(4):215-220.
- Perdigão J, Sezinando A, Monteiro PC (2012a). Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive. *Am J Dent* 25(3):153-158.
- Perdigão J, Sezinando A, Monteiro PC (2012b). Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive. *Am J Dent* 25:153-158.
- Perdigão J, Reis A, Loguercio AD (2013a). Dentin adhesion and MMPs: a comprehensive review. *J Esthet Restor Dent* 25(4):219-241.
- Perdigão J, Sezinando A, Monteiro PC (2013b). Effect of substrate age and adhesive composition on dentin bonding. *Oper Dent* 38(3):267-274.
- Perdigão J, Swift EJ, Jr. (2013). Critical appraisal: post-op sensitivity with direct composite restorations. *J Esthet Restor Dent* 25(4):284-288.
- Perdigão J, Kose C, Mena-Serrano AP, De Paula EA, Tay LY, Reis A *et al.* (2014a). A new universal simplified adhesive: 18-month clinical evaluation. *Oper Dent* 39(2):113-127.
- Perdigão J, Munoz MA, Sezinando A, Luque-Martinez IV, Staichak R, Reis A *et al.* (2014b). Immediate adhesive properties to dentin and enamel of a universal adhesive associated with a hydrophobic resin coat. *Oper Dent* 39(5):489-499.
- Pereira GD, Paulillo LA, De Goes MF, Dias CT (2001). How wet should dentin be? Comparison of methods to remove excess water during moist bonding. *J Adhes Dent* 3(3):257-264.
- Pereira PN, Sano H, Ogata M, Zheng L, Nakajima M, Tagami J *et al.* (2000). Effect of region and dentin perfusion on bond strengths of resin-modified glass ionomer cements. *J Dent* 28(5):347-354.

- Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B (2005). Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dent Mater* 21(9):864-881.
- Peumans M, De Munck J, Van Landuyt KL, Poitevin A, Lambrechts P, Van Meerbeek B (2010). Eight-year clinical evaluation of a 2-step self-etch adhesive with and without selective enamel etching. *Dent Mater* 26(12):1176-1184.
- Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ (1998). The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. *Dent Mater* 14(3):212-221.
- Piemjai M, Watanabe A, Iwasaki Y, Nakabayashi N (2004). Effect of remaining demineralised dentine on dental microleakage accessed by a dye penetration: how to inhibit microleakage? *J Dent* 32(6):495-501.
- Pioch T, Stotz S, Buff E, Duschner H, Staehle HJ (1998). Influence of different etching times on hybrid layer formation and tensile bond strength. *Am J Dent* 11(5):202-206.
- Pioch T, Staehle HJ, Duschner H, Garcia-Godoy F (2001). Nanoleakage at the composite-dentin interface: a review. *Am J Dent* 14(4):252-258.
- Pioch T, Staehle HJ, Wurst M, Duschner H, Dorfer C (2002). The nanoleakage phenomenon: influence of moist vs dry bonding. *J Adhes Dent* 4(1):23-30.
- Platt JA, Almeida J, Gonzalez-Cabezas C, Rhodes B, Moore BK (2001). The effect of double adhesive application on the shear bond strength to dentin of compomers using three one-bottle adhesive systems. *Oper Dent* 26(3):313-317.
- Pleffken PR, de Almeida Lourenco AP, Torres CR, Buhler Borges A (2011). Influence of application methods of self-etching adhesive systems on adhesive bond strength to dentin. *J Adhes Dent* 13(6):517-525.
- Pongprueksa P, Miletic V, De Munck J, Brooks NR, Meersman F, Nies E *et al.* (2014). Effect of evaporation on the shelf life of a universal adhesive. *Oper Dent* 39(5):500-507.
- Prati C, Biagini G, Rizzoli C, Nucci C, Zucchini C, Montanari G (1990). Shear bond strength and SEM evaluation of dentinal bonding systems. *Am J Dent* 3(6):283-288.
- Price RB, Derand T, Andreou P, Murphy D (2003). The effect of two configuration factors, time, and thermal cycling on resin to dentin bond strengths. *Biomaterials* 24(6):1013-1021.
- Proenca JP, Polido M, Osorio E, Erhardt MC, Aguilera FS, Garcia-Godoy F *et al.* (2007). Dentin regional bond strength of self-etch and total-etch adhesive systems. *Dent Mater* 23(12):1542-1548.
- Qvist V, Qvist J, Mjor IA (1990). Placement and longevity of tooth-colored restorations in Denmark. *Acta Odontol Scand* 48(5):305-311.

Reis A, Loguercio AD, Azevedo CLN, de Carvalho RM, da Julio Singer M, Grande RHM (2003a). Moisture spectrum of demineralized dentin for adhesive systems with different solvent bases. *J Adhes Dent* 5(3):183-192.

Reis A, Loguercio AD, Carvalho RM, Grande RHM (2004a). Durability of resin dentin interfaces: effects of surface moisture and adhesive solvent component. *Dent Mater* 20(7):669-676.

Reis A, Rocha de Oliveira Carrilho M, Schroeder M, Tancredo LL, Loguercio AD (2004b). The influence of storage time and cutting speed on microtensile bond strength. *J Adhes Dent* 6(1):7-11.

Reis A, Grandi V, Carlotto L, Bortoli G, Patzlaff R, Rodrigues Accorinte Mde L *et al.* (2005). Effect of smear layer thickness and acidity of self-etching solutions on early and long-term bond strength to dentin. *J Dent* 33(7):549-559.

Reis A, Grande RH, Oliveira GM, Lopes GC, Loguercio AD (2007a). A 2-year evaluation of moisture on microtensile bond strength and nanoleakage. *Dent Mater* 23(7):862-870.

Reis A, Pellizzaro A, Dal-Bianco K, Gones OM, Patzlaff R, Loguercio AD (2007b). Impact of adhesive application to wet and dry dentin on long-term resin-dentin bond strengths. *Oper Dent* 32(4):380-387.

Reis A, Albuquerque M, Pegoraro M, Mattei G, Bauer JR, Grande RH *et al.* (2008). Can the durability of one-step self-etch adhesives be improved by double application or by an extra layer of hydrophobic resin? *J Dent* 36(5):309-315.

Reis A, Leite TM, Matte K, Michels R, Amaral RC, Geraldeli S *et al.* (2009). Improving clinical retention of one-step self-etching adhesive systems with an additional hydrophobic adhesive layer. *J Am Dent Assoc* 140(7):877-885.

Reis AF, Oliveira MT, Giannini M, De Goes MF, Rueggeberg FA (2003b). The effect of organic solvents on one-bottle adhesives' bond strength to enamel and dentin. *Oper Dent* 28(6):700-706.

Reis AF, Giannini M, Kavaguchi A, Soares CJ, Line SR (2004d). Comparison of microtensile bond strength to enamel and dentin of human, bovine, and porcine teeth. *J Adhes Dent* 6(2):117-121.

Reis AF, Giannini M, Pereira PN (2007c). Long-term TEM analysis of the nanoleakage patterns in resin-dentin interfaces produced by different bonding strategies. *Dent Mater* 23(9):1164-1172.

Reis AF, Carrilho MR, Ghaname E, Pereira PN, Giannini M, Nikaido T *et al.* (2010). Effects of water-storage on the physical and ultramorphological features of adhesives and primer/adhesive mixtures. *Dent Mater J* 29(6):697-705.

Retief DH, Denys FR (1989). Adhesion to enamel and dentin. *Am J Dent* 2(Spec Number):133-144.

Retief DH (1991). Adhesion to dentin. *J Esthet Dent* 3(3):106-113.

- Ritter AV, Swift EJ, Jr., Heymann HO, Sturdevant JR, Wilder AD, Jr. (2009). An eight-year clinical evaluation of filled and unfilled one-bottle dental adhesives. *J Am Dent Assoc* 140(1):28-37.
- Rivera EM, Yamauchi M (1993). Site comparisons of dentine collagen cross-links from extracted human teeth. *Arch Oral Biol* 38(7):541-546.
- Rosa WL, Piva E, Silva AF (2015). Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *J Dent* 43(7):765-776.
- Rosales JI, Marshall GW, Marshall SJ, Watanabe LG, Toledano M, Cabrerizo MA *et al.* (1999). Acid-etching and hydration influence on dentin roughness and wettability. *J Dent Res* 78(9):1554-1559.
- Rosales-Leal JI, de la Torre-Moreno FJ, Bravo M (2007). Effect of pulp pressure on the micropermeability and sealing ability of etch & rinse and self-etching adhesives. *Oper Dent* 32(3):242-250.
- Rotta M, Bresciani P, Moura SK, Grande RH, Hilgert LA, Baratieri LN *et al.* (2007). Effects of phosphoric acid pretreatment and substitution of bonding resin on bonding effectiveness of self-etching systems to enamel. *J Adhes Dent* 9(6):537-545.
- Sá C (2002). Caracterização morfológica, microstrutural e microanalítica de materiais por: microscopia electrónica de varrimento - SEM, e microanálise por raios X - EPMA: EDS/WD (Tese de Doutoramento). Porto, Universidade do Porto.
- Sabatini C (2013). Effect of phosphoric acid etching on the shear bond strength of two self-etch adhesives. *J Appl Oral Sci* 21(1):56-62.
- Sadek F, Goracci C, Monticelli F, Ferrari M, Cardoso PC (2004). Influência da geometria dos espécimes em dentina e esmalte no teste de microtração: análise da resistência de união e microscopia eletrônica de varredura. *JBD Rev Ibero-am odontol estet & dentística* 3(9):81-93.
- Sadek FT, Goracci C, Cardoso PE, Tay FR, Ferrari M (2005). Microtensile bond strength of current dentin adhesives measured immediately and 24 hours after application. *J Adhes Dent* 7(4):297-302.
- Sadek FT, Monticelli F, Muench A, Ferrari M, Cardoso PE (2006). A novel method to obtain microtensile specimens minimizing cut flaws. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 78(1):7-14.
- Sadek FT, Pashley DH, Ferrari M, Tay FR (2007). Tubular occlusion optimizes bonding of hydrophobic resins to dentin. *J Dent Res* 86(6):524-528.
- Sadek FT, Calheiros FC, Cardoso PE, Kawano Y, Tay F, Ferrari M (2008a). Early and 24-hour bond strength and degree of conversion of etch-and-rinse and self-etch adhesives. *Am J Dent* 21(1):30-34.
- Sadek FT, Pashley DH, Nishitani Y, Carrilho MR, Donnelly A, Ferrari M *et al.* (2008b). Application of hydrophobic resin adhesives to acid-etched dentin with an alternative wet bonding technique. *J Biomed Mater Res A* 84(1):19-29.

Sadek FT, Braga RR, Muench A, Liu Y, Pashley DH, Tay FR (2010a). Ethanol wet-bonding challenges current anti-degradation strategy. *J Dent Res* 89(12):1499-1504.

Sadek FT, Castellan CS, Braga RR, Mai S, Tjaderhane L, Pashley DH *et al.* (2010b). One-year stability of resin-dentin bonds created with a hydrophobic ethanol-wet bonding technique. *Dent Mater* 26(4):380-386.

Sadr A, Ghasemi A, Shimada Y, Tagami J (2007). Effects of storage time and temperature on the properties of two self-etching systems. *J Dent* 35(3):218-225.

Salz U, Zimmermann J, Zeuner F, Moszner N (2005). Hydrolytic stability of self-etching adhesive systems. *J Adhes Dent* 7(2):107-116.

Salz U, Bock T (2010). Adhesion performance of new hydrolytically stable one-component self-etching enamel/dentin adhesives. *J Adhes Dent* 12(1):7-10.

Sanares AM, Itthagarun A, King NM, Tay FR, Pashley DH (2001). Adverse surface interactions between one-bottle light-cured adhesives and chemical-cured composites. *Dent Mater* 17(6):542-556.

Sandberg E, Bergenholtz G, Eklund C, Dahlgren UI (2002). HEMA bound to self-protein promotes auto-antibody production in mice. *J Dent Res* 81(9):633-636.

Sano H, Ciucchi B, Matthews WG, Pashley DH (1994a). Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine dentin. *J Dent Res* 73(6):1205-1211.

Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R *et al.* (1994b). Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength - evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater* 10(4):236-240.

Sano H, Shono T, Takatsu T, Hosoda H (1994c). Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. *Oper Dent* 19(2):59-64.

Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Horner JA, Matthews WG, Pashley DH (1995a). Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. *Oper Dent* 20(1):18-25.

Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Russell CM, Pashley DH (1995b). Tensile properties of resin-infiltrated demineralized human dentin. *J Dent Res* 74(4):1093-1102.

Sano H, Yoshiyama M, Ebisu S, Burrow MF, Takatsu T, Ciucchi B *et al.* (1995c). Comparative SEM and TEM observations of nanoleakage within the hybrid layer. *Oper Dent* 20(4):160-167.

Sano H, Yoshikawa T, Pereira PN, Kanemura N, Morigami M, Tagami J *et al.* (1999). Long-term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, in vivo. *J Dent Res* 78(4):906-911.

Sano H (2006). Microtensile testing, nanoleakage, and biodegradation of resin-dentin bonds. *J Dent Res* 85(1):11-14.

Santerre JP, Shajii L, Leung BW (2001). Relation of dental composite formulations to their degradation and the release of hydrolyzed polymeric-resin-derived products. *Crit Rev Oral Biol Med* 12(2):136-151.

- Sarr M, Kane AW, Vreven J, Mine A, Van Landuyt KL, Peumans M *et al.* (2010). Microtensile bond strength and interfacial characterization of 11 contemporary adhesives bonded to bur-cut dentin. *Oper Dent* 35(1):94-104.
- Sattabanasuk V, Vachiramon V, Qian F, Armstrong SR (2007). Resin-dentin bond strength as related to different surface preparation methods. *J Dent* 35(6):467-475.
- Saunders WP, Saunders EM (1996). Microleakage of bonding agents with wet and dry bonding techniques. *Am J Dent* 9(1):34-36.
- Sauro S, Toledano M, Aguilera FS, Mannocci F, Pashley DH, Tay FR *et al.* (2011). Resin-dentin bonds to EDTA-treated vs. acid-etched dentin using ethanol wet-bonding. Part II: Effects of mechanical cycling load on microtensile bond strengths. *Dent Mater* 27(6):563-572.
- Schneider H, Frohlich M, Erler G, Engelke C, Merte K (2000). Interaction patterns between dentin and adhesive on prepared class V cavities in vitro and in vivo. *J Biomed Mater Res* 53(1):86-92.
- Schreiner RF, Chappell RP, Glaros AG, Eick JD (1998). Microtensile testing of dentin adhesives. *Dent Mater* 14(3):194-201.
- Schulze KA, Oliveira SA, Wilson RS, Gansky SA, Marshall GW, Marshall SJ (2005). Effect of hydration variability on hybrid layer properties of a self-etching versus an acid-etching system. *Biomaterials* 26(9):1011-1018.
- Schupbach P, Krejci I, Lutz F (1997). Dentin bonding: effect of tubule orientation on hybrid-layer formation. *Eur J Oral Sci* 105(4):344-352.
- Sezinando A, Perdigão J, Regalheiro R (2012). Dentin bond strengths of four adhesion strategies after thermal fatigue and 6-month water storage. *J Esthet Restor Dent* 24(5):345-355.
- Shirai K, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Lambrechts P, Suzuki K *et al.* (2005). Effect of cavity configuration and aging on the bonding effectiveness of six adhesives to dentin. *Dent Mater* 21(2):110-124.
- Shono Y, Ogawa T, Terashita M, Carvalho RM, Pashley EL, Pashley DH (1999a). Regional measurement of resin-dentin bonding as an array. *J Dent Res* 78(2):699-705.
- Shono Y, Terashita M, Shimada J, Kozono Y, Carvalho RM, Russell CM *et al.* (1999b). Durability of resin-dentin bonds. *J Adhes Dent* 1(3):211-218.
- Silikas N, Watts DC (1999). Rheology of urethane dimethacrylate and diluent formulations. *Dent Mater* 15(4):257-261.
- Silva AR (2002). Espectro de umidade da superfície dentinária para três sistemas adesivos com diferentes solventes (Tese de Doutorado), Universidade de São Paulo. Faculdade de Odontologia.
- Silverstone LM (1974). Fissure sealants. Laboratory studies. *Caries Res* 8(1):2-26.

- Silverstone LM, Saxton CA, Dogon IL, Fejerskov O (1975). Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. *Caries Res* 9(5):373-387.
- Skovron L, Kogeo D, Gordillo LAA, Meier MM, Gomes OMM, Reis A *et al.* (2010). Effects of immersion time and frequency of water exchange on durability of etch-and-rinse adhesive. *J Biomed Mater Res* 95(2):339-346.
- Smith AJ, Cassidy N, Perry H, Begue-Kirn C, Ruch JV, Lesot H (1995). Reactionary dentinogenesis. *Int J Dev Biol* 39(1):273-280.
- Soares FZ, Rocha Rde O, Raggio DP, Sadek FT, Cardoso PE (2005a). Microtensile bond strength of different adhesive systems to primary and permanent dentin. *Pediatr Dent* 27(6):457-462.
- Soares FZM, Rocha RdO, Raggio DP, Sadek FT, Cardoso PEC (2005b). Microtensile bond strength of different adhesive systems to primary and permanent dentin. *Pediatr Dent* 27:457-462.
- Soderholm KJ (1991). Correlation of in vivo and in vitro performance of adhesive restorative materials: a report of the ASC MD156 Task Group on Test Methods for the Adhesion of Restorative Materials. *Dent Mater* 7(2):74-83.
- Soderholm KJ, Soares F, Argumosa M, Loveland C, Bimstein E, Guelmann M (2008). Shear bond strength of one etch-and-rinse and five self-etching dental adhesives when used by six operators. *Acta Odontol Scand* 66(4):243-249.
- Sohn S-J, Chang J-H, Kang S-H, Yoo H-M, Cho B-H, Son H-H (2008). The nanoleakage patterns of experimental hydrophobic adhesives after load cycling. *Journal of Korean Academy of Conservative Dentistry* 33(1):9.
- Spencer P, Swafford JR (1999). Unprotected protein at the dentin-adhesive interface. *Quintessence Int* 30(7):501-507.
- Spencer P, Wang Y, Walker MP, Wieliczka DM, Swafford JR (2000). Interfacial chemistry of the dentin/adhesive bond. *J Dent Res* 79(7):1458-1463.
- Spencer P, Wang Y (2002). Adhesive phase separation at the dentin interface under wet bonding conditions. *J Biomed Mater Res* 62(3):447-456.
- Spencer P, Ye Q, Park J, Topp EM, Misra A, Marangos O *et al.* (2010). Adhesive/Dentin interface: the weak link in the composite restoration. *Ann Biomed Eng* 38(6):1989-2003.
- Spreafico D, Semeraro S, Mezzanzanica D, Re D, Gagliani M, Tanaka T *et al.* (2006). The effect of the air-blowing step on the technique sensitivity of four different adhesive systems. *J Dent* 34(3):237-244.
- Stangel I, Ellis TH, Sacher E (2007). Adhesion to tooth structure mediated by contemporary bonding systems. *Dent Clin North Am* 51(3):677-694.

Stanislawczuk R, Amaral RC, Zander-Grande C, Gagler D, Reis A, Loguercio AD (2009). Chlorhexidine-containing acid conditioner preserves the longevity of resin-dentin bonds. *Oper Dent* 34(4):481-490.

Stanley HR, Pereira JC, Spiegel E, Broom C, Schultz M (1983). The detection and prevalence of reactive and physiologic sclerotic dentin, reparative dentin and dead tracts beneath various types of dental lesions according to tooth surface and age. *J Oral Pathol* 12(4):257-289.

Stepp D, King D, Worrall J, Thompson A, Cooper D (1996). High-resolution study of water trees grown in silver nitrate solution. *Dielectrics and Electrical Insulation, IEEE Transactions on* 3(3):392-398.

Sudsangiam S, van Noort R (1999). Do dentin bond strength tests serve a useful purpose? *J Adhes Dent* 1(1):57-67.

Suh BI (1991). All-Bond--fourth generation dentin bonding system. *J Esthet Dent* 3(4):139-147.

Suh BI, Feng L, Pashley DH, Tay FR (2003). Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. Part III. Effect of acidic resin monomers. *J Adhes Dent* 5(4):267-282.

Suppa P, Breschi L, Ruggeri A, Mazzotti G, Prati C, Chersoni S *et al.* (2005). Nanoleakage within the hybrid layer: a correlative FEISEM/TEM investigation. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 73(1):7-14.

Suyama Y, Luhrs AK, De Munck J, Mine A, Poitevin A, Yamada T *et al.* (2013). Potential smear layer interference with bonding of self-etching adhesives to dentin. *J Adhes Dent* 15(4):317-324.

Swanson TK, Feigal RJ, Tantbirojn D, Hodges JS (2008). Effect of adhesive systems and bevel on enamel margin integrity in primary and permanent teeth. *Pediatr Dent* 30(2):134-140.

Swift EJ, Perdigão J, Heymann HO (1995a). Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art. *Quintessence Int* 26(2):95-110.

Swift EJ, Jr., Triolo PT, Jr. (1992). Bond strengths of Scotchbond Multi-Purpose to moist dentin and enamel. *Am J Dent* 5(6):318-320.

Swift EJ, Jr., Perdigão J, Heymann HO (1995b). Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art, 1995. *Quintessence Int* 26(2):95-110.

Swift EJ, Jr., Perdigão J, Combe EC, Simpson CH, 3rd, Nunes MF (2001). Effects of restorative and adhesive curing methods on dentin bond strengths. *Am J Dent* 14(3):137-140.

Tagami J, Tao L, Pashley DH (1990). Correlation among dentin depth, permeability, and bond strength of adhesive resins. *Dent Mater* 6(1):45-50.

Tagami J, Hosoda H, Burrow MF, Nakajima M (1992). Effect of aging and caries on dentin permeability. *Proc Finn Dent Soc* 88 Suppl 1:149-154.

- Tagami J, Nakajima M, Shono T, Takatsu T, Hosoda H (1993). Effect of aging on dentin bonding. *Am J Dent* 6(3):145-147.
- Takahashi A, Inoue S, Kawamoto C, Ominato R, Tanaka T, Sato Y *et al.* (2002a). In vivo long-term durability of the bond to dentin using two adhesive systems. *J Adhes Dent* 4(2):151-159.
- Takahashi A, Sato Y, Uno S, Pereira PN, Sano H (2002b). Effects of mechanical properties of adhesive resins on bond strength to dentin. *Dent Mater* 18(3):263-268.
- Takahashi M, Nakajima M, Hosaka K, Ikeda M, Foxton RM, Tagami J (2011). Long-term evaluation of water sorption and ultimate tensile strength of HEMA-containing/-free one-step self-etch adhesives. *J Dent* 39(7):506-512.
- Tanaka J, Ishikawa K, Yatani H, Yamashita A, Suzuki K (1999). Correlation of dentin bond durability with water absorption of bonding layer. *Dent Mater* 18(1):11-18.
- Tani C, Finger WJ (2002). Effect of smear layer thickness on bond strength mediated by three all-in-one self-etching priming adhesives. *J Adhes Dent* 4(4):283-289.
- Tanumiharja M, Burrow MF, Tyas MJ (2000). Microtensile bond strengths of seven dentin adhesive systems. *Dent Mater* 16(3):180-187.
- Taschner M, Nato F, Mazzoni A, Frankenberger R, Kramer N, Di Lenarda R *et al.* (2010). Role of preliminary etching for one-step self-etch adhesives. *Eur J Oral Sci* 118(5):517-524.
- Taschner M, Nato F, Mazzoni A, Frankenberger R, Falconi M, Petschelt A *et al.* (2012). Influence of preliminary etching on the stability of bonds created by one-step self-etch bonding systems. *Eur J Oral Sci* 120(3):239-248.
- Taschner M, Kümmerling M, Lohbauer U, Breschi L, Petschelt A, Frankenberger R (2014). Effect of double-layer application on dentin bond durability of one-step self-etch adhesives. *Oper Dent* 39(4):416-426.
- Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM, Wei SH (1995a). Variability in microleakage observed in a total-etch wet-bonding technique under different handling conditions. *J Dent Res* 74(5):1168-1178.
- Tay FR, Pang KM, Gwinnett AJ, Wei SH (1995b). A method for microleakage evaluation along the dentin/restorative interface. *Am J Dent* 8(2):105-108.
- Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM, Wei SH (1996a). Resin permeation into acid-conditioned, moist, and dry dentin: a paradigm using water-free adhesive primers. *J Dent Res* 75(4):1034-1044.
- Tay FR, Gwinnett AJ, Wei SH (1996b). The overwet phenomenon: a transmission electron microscopic study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. *Am J Dent* 9(4):161-166.

Tay FR, Gwinnett AJ, Wei SH (1996c). The overwet phenomenon: an optical, micromorphological study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. *Am J Dent* 9(1):43-48.

Tay FR, Gwinnett AJ, Wei SH (1996d). The overwet phenomenon: a scanning electron microscopic study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. *Am J Dent* 9(3):109-114.

Tay FR, Gwinnett JA, Wei SH (1996e). Micromorphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free acetone-based, single-bottle primer/adhesives. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* 12(4):236-244.

Tay FR, Gwinnett JA, Wei SH (1996f). Micromorphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free acetone-based, single-bottle primer/adhesives. *Dent Mater* 12(4):236-244.

Tay FR, Gwinnett JA, Wei SH (1996g). Micromorphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free acetone-based, single-bottle primer/adhesives. *Dent Mater* 12(4):236-244.

Tay FR, Gwinnett AJ, Wei SH (1997a). Ultrastructure of the resin-dentin interface following reversible and irreversible rewetting. *Am J Dent* 10(2):77-82.

Tay FR, Gwinnett JA, Wei SH (1997b). The overwet phenomenon in two-component acetone-based primers containing aryl amine and carboxylic acid monomers. *Dent Mater* 13(2):118-127.

Tay FR, Gwinnett JA, Wei SH (1998). Relation between water content in acetone/alcohol-based primer and interfacial ultrastructure. *J Dent* 26(2):147-156.

Tay FR, Carvalho R, Sano H, Pashley DH (2000a). Effect of smear layers on the bonding of a self-etching primer to dentin. *J Adhes Dent* 2(2):99-116.

Tay FR, Sano H, Carvalho R, Pashley EL, Pashley DH (2000b). An ultrastructural study of the influence of acidity of self-etching primers and smear layer thickness on bonding to intact dentin. *J Adhes Dent* 2(2):83-98.

Tay FR, King NM, Suh BI, Pashley DH (2001). Effect of delayed activation of light-cured resin composites on bonding of all-in-one adhesives. *J Adhes Dent* 3(3):207-225.

Tay FR, Pashley DH (2001). Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater* 17(4):296-308.

Tay FR, King NM, Chan KM, Pashley DH (2002a). How can nanoleakage occur in self-etching adhesive systems that demineralize and infiltrate simultaneously? *J Adhes Dent* 4(4):255-269.

Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Itthagarun A (2002b). Single-step adhesives are permeable membranes. *J Dent* 30(7-8):371-382.

Tay FR, Pashley DH, Yoshiyama M (2002c). Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent Res* 81(7):472-476.

Tay FR, Pashley DH (2002d). Dental adhesives of the future. *J Adhes Dent* 4(2):91-103.

Tay FR, Hashimoto M, Pashley DH, Peters MC, Lai SCN, Yiu CKY *et al.* (2003a). Aging affects two modes of nanoleakage expression in bonded dentin. *J Dent Res* 82(7):537-541.

Tay FR, Pashley DH (2003a). Water treeing--a potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *Am J Dent* 16(1):6-12.

Tay FR, Pashley DH (2003b). Have dentin adhesives become too hydrophilic? *J Can Dent Assoc* 69(11):726-731.

Tay FR, Pashley DH, Yiu CKY, Sanares AME, Wei SHY (2003b). Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. Part I. Single-step self-etching adhesive. *J Adhes Dent* 5(1):27-40.

Tay FR, Suh BI, Pashley DH, Prati C, Chuang SF, Li F (2003c). Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and self-cured or dual-cured composites. Part II. Single-bottle, total-etch adhesive. *J Adhes Dent* 5(2):91-105.

Tay FR, Frankenberger R, Krejci I, Bouillaguet S, Pashley DH, Carvalho RM *et al.* (2004a). Single-bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerization. I. In vivo evidence. *J Dent* 32(8):611-621.

Tay FR, Pashley DH (2004). Resin bonding to cervical sclerotic dentin: a review. *J Dent* 32(3):173-196.

Tay FR, Pashley DH, Garcia-Godoy F, Yiu CK (2004b). Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part II. Silver tracer penetration evidence. *Am J Dent* 17(5):315-322.

Tay FR, Pashley DH, King NM, Carvalho RM, Tsai J, Lai SC *et al.* (2004c). Aggressiveness of self-etch adhesives on unground enamel. *Oper Dent* 29(3):309-316.

Tay FR, Pashley DH, Yiu C, Cheong C, Hashimoto M, Itou K *et al.* (2004d). Nanoleakage types and potential implications: evidence from unfilled and filled adhesives with the same resin composition. *Am J Dent* 17(3):182-190.

Tezvergil-Mutluay A, Mutluay M, Seseogullari-Dirihan R, Agee KA, Key WO, Scheffel DL *et al.* (2013). Effect of phosphoric acid on the degradation of human dentin matrix. *J Dent Res* 92(1):87-91.

Thompson JM, Agee K, Sidow SJ, McNally K, Lindsey K, Borke J *et al.* (2012). Inhibition of endogenous dentin matrix metalloproteinases by ethylenediaminetetraacetic acid. *J Endod* 38(1):62-65.

Titley K, Chernecky R, Chan A, Smith D (1995). The composition and ultrastructure of resin tags in etched dentin. *Am J Dent* 8(5):224-230.

- Tjaderhane L, Larjava H, Sorsa T, Uitto VJ, Larmas M, Salo T (1998). The activation and function of host matrix metalloproteinases in dentin matrix breakdown in caries lesions. *J Dent Res* 77(8):1622-1629.
- Tjaderhane L, Nascimento FD, Breschi L, Mazzoni A, Tersariol IL, Geraldini S *et al.* (2013a). Strategies to prevent hydrolytic degradation of the hybrid layer-A review. *Dent Mater* 29(10):999-1011.
- Tjaderhane L, Nascimento FD, Breschi L, Mazzoni A, Tersariol IL, Geraldini S *et al.* (2013b). Optimizing dentin bond durability: control of collagen degradation by matrix metalloproteinases and cysteine cathepsins. *Dent Mater* 29(1):116-135.
- Toledano M, Osorio R, de Leonardi G, Rosales-Leal JI, Ceballos L, Cabrerizo-Vilchez MA (2001). Influence of self-etching primer on the resin adhesion to enamel and dentin. *Am J Dent* 14(4):205-210.
- Toledano M, Osorio R, Moreira MA, Cabrerizo-Vilchez MA, Gea P, Tay FR *et al.* (2004). Effect of the hydration status of the smear layer on the wettability and bond strength of a self-etching primer to dentin. *Am J Dent* 17(5):310-314.
- Toledano M, Osorio R, Albaladejo A, Aguilera FS, Tay FR, Ferrari M (2006). Effect of cyclic loading on the microtensile bond strengths of total-etch and self-etch adhesives. *Oper Dent* 31(1):25-32.
- Toledano M, Osorio R, Osorio E, Aguilera FS, Yamauti M, Pashley DH *et al.* (2007a). Effect of bacterial collagenase on resin-dentin bonds degradation. *J Mater Sci Mater Med* 18(12):2355-2361.
- Toledano M, Osorio R, Osorio E, Aguilera FS, Yamauti M, Pashley DH *et al.* (2007b). Durability of resin-dentin bonds: effects of direct/indirect exposure and storage media. *Dent Mater* 23(7):885-892.
- Toledano M, Proenca JP, Erhardt MC, Osorio E, Aguilera FS, Osorio R *et al.* (2007c). Increases in dentin-bond strength if doubling application time of an acetone-containing one-step adhesive. *Oper Dent* 32(2):133-137.
- Toledano M, Cabello I, Yamauti M, Giannini M, Aguilera FS, Osorio E *et al.* (2012). Resistance to degradation of resin-dentin bonds produced by one-step self-etch adhesives. *Microsc Microanal* 18(6):1480-1493.
- Torii Y, Itou K, Nishitani Y, Ishikawa K, Suzuki K (2002). Effect of phosphoric acid etching prior to self-etching primer application on adhesion of resin composite to enamel and dentin. *Am J Dent* 15(5):305-308.
- Torkabadi S, Nakajima M, Ikeda M, Foxton RM, Tagami J (2008). Bonding durability of HEMA-free and HEMA-containing one-step adhesives to dentine surrounded by bonded enamel. *J Dent* 36(1):80-86.
- Torres CR, Barcellos DC, Pucci CR, Lima Gde M, Rodrigues CM, Siviero M (2009). Influence of methods of application of self-etching adhesive systems on adhesive bond strength to enamel. *J Adhes Dent* 11(4):279-286.

- Turkun LS, Ates M, Turkun M, Uzer E (2005). Antibacterial activity of two adhesive systems using various microbiological methods. *J Adhes Dent* 7(4):315-320.
- Tyas MJ, Burns GA, Byrne PF, Cunningham PJ, Dobson BC, Widdop FT (1989). Clinical evaluation of Scotchbond: three-year results. *Aust Dent J* 34(3):277-279.
- Tyas MJ (1991). Three-year clinical evaluation of dentine bonding agents. *Aust Dent J* 36(4):298-301.
- Tyas MJ (1996a). Clinical performance of two dentine adhesives: 2-year results. *Aust Dent J* 41(5):324-327.
- Tyas MJ (1996b). Clinical evaluation of five adhesive systems: three-year results. *Int Dent J* 46(1):10-14.
- Ulker M, Ozcan M, Sengun A, Ozer F, Belli S (2010). Effect of artificial aging regimens on the performance of self-etching adhesives. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 93(1):175-184.
- Unemori M, Matsuya Y, Akashi A, Goto Y, Akamine A (2004). Self-etching adhesives and postoperative sensitivity. *Am J Dent* 17(3):191-195.
- van Dijken JW (2010). A prospective 8-year evaluation of a mild two-step self-etching adhesive and a heavily filled two-step etch-and-rinse system in non-carious cervical lesions. *Dent Mater* 26(9):940-946.
- Van Landuyt KL, De Munck J, Snauwaert J, Coutinho E, Poitevin A, Yoshida Y *et al.* (2005). Monomer-solvent phase separation in one-step self-etch adhesives. *J Dent Res* 84(2):183-188.
- Van Landuyt KL, Kanumilli P, De Munck J, Peumans M, Lambrechts P, Van Meerbeek B (2006a). Bond strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. *J Dent* 34(1):77-85.
- Van Landuyt KL, Peumans M, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B (2006b). Extension of a one-step self-etch adhesive into a multi-step adhesive. *Dent Mater* 22(6):533-544.
- Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Coutinho E, Poitevin A, Yoshida Y *et al.* (2007a). Origin of interfacial droplets with one-step adhesives. *J Dent Res* 86(8):739-744.
- Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A *et al.* (2007b). Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials* 28(26):3757-3785.
- Van Landuyt KL, Snauwaert J, Peumans M, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B (2008a). The role of HEMA in one-step self-etch adhesives. *Dent Mater* 24(10):1412-1419.
- Van Landuyt KL, Yoshida Y, Hirata I, Snauwaert J, De Munck J, Okazaki M *et al.* (2008b). Influence of the chemical structure of functional monomers on their adhesive performance. *J Dent Res* 87(8):757-761.

Van Landuyt KL, De Munck J, Mine A, Cardoso MV, Peumans M, Van Meerbeek B (2010). Filler debonding & subhybrid-layer failures in self-etch adhesives. *J Dent Res* 89(10):1045-1050.

Van Landuyt KL, De Munck J, Ermis RB, Peumans M, Van Meerbeek B (2014). Five-year clinical performance of a HEMA-free one-step self-etch adhesive in noncarious cervical lesions. *Clin Oral Investig* 18(4):1045-1052.

Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G (1992). Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res* 71(8):1530-1540.

Van Meerbeek B, Dhem A, Goret-Nicaise M, Braem M, Lambrechts P, VanHerle G (1993a). Comparative SEM and TEM examination of the ultrastructure of the resin-dentin interdiffusion zone. *J Dent Res* 72(2):495-501.

Van Meerbeek B, Mohrbacher H, Celis JP, Roos JR, Braem M, Lambrechts P *et al.* (1993b). Chemical characterization of the resin-dentin interface by micro-Raman spectroscopy. *J Dent Res* 72(10):1423-1428.

Van Meerbeek B, Willems G, Celis JP, Roos JR, Braem M, Lambrechts P *et al.* (1993c). Assessment by nano-indentation of the hardness and elasticity of the resin-dentin bonding area. *J Dent Res* 72(10):1434-1442.

Van Meerbeek B, Peumans M, Verschueren M, Gladys S, Braem M, Lambrechts P *et al.* (1994). Clinical status of ten dentin adhesive systems. *J Dent Res* 73(11):1690-1702.

Van Meerbeek B, Conn LJ, Jr., Duke ES, Eick JD, Robinson SJ, Guerrero D (1996). Correlative transmission electron microscopy examination of nondemineralized and demineralized resin-dentin interfaces formed by two dentin adhesive systems. *J Dent Res* 75(3):879-888.

Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G (1998a). The clinical performance of adhesives. *J Dent* 26(1):1-20.

Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G (1998c). The clinical performance of adhesives. *J Dent* 26(1):1-20.

Van Meerbeek B, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, Duke ES, Eick JD *et al.* (1998d). A TEM study of two water-based adhesive systems bonded to dry and wet dentin. *J Dent Res* 77(1):50-59.

Van Meerbeek B, De Munck J, Mattar D, Van Landuyt K, Lambrechts P (2003a). Microtensile bond strengths of an etch&rinse and self-etch adhesive to enamel and dentin as a function of surface treatment. *Oper Dent* 28(5):647-660.

Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P *et al.* (2003b). Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 28(3):215-235.

- Van Meerbeek B, Van Landuyt K, De Munck J, Hashimoto M, Peumans M, Lambrechts P *et al.* (2005). Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dent Mater* 24(1):1-13.
- Van Meerbeek B (2007). The "myth" of nanoleakage. *J Adhes Dent* 9(6):491-492.
- Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A *et al.* (2010). Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater* 26(2):e100-121.
- Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL (2011). State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater* 27(1):17-28.
- Vasiliadis L, Darling AI, Levers BG (1983). The amount and distribution of sclerotic human root dentine. *Arch Oral Biol* 28(7):645-649.
- Velazquez E, Vaidyanathan J, Vaidyanathan TK, Houpt M, Shey Z, Von Hagen S (2003). Effect of primer solvent and curing mode on dentin shear bond strength and interface morphology. *Quintessence Int* 34(7):548-555.
- Vuorinen AM, Dyer SR, Vallittu PK, Lassila LV (2011). Effect of water storage on the microtensile bond strength of composite resin to dentin using experimental rigid rod polymer modified primers. *J Adhes Dent* 13(4):333-340.
- Wagner A, Wendler M, Petschelt A, Belli R, Lohbauer U (2014). Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *J Dent* 42(7):800-807.
- Walshaw PR, McComb D (1996). Clinical considerations for optimal dentinal bonding. *Quintessence Int* 27(9):619-625.
- Walter R, Duarte WR, Pereira PN, Swift EJ, Jr., Heymann HO, Arnold RR (2008). Effect of resin adhesive systems on root caries formation in vitro. *Quintessence Int* 39(1):33-37.
- Walter R, Swift EJ, Jr., Boushell LW, Braswell K (2011). Enamel and dentin bond strengths of a new self-etch adhesive system. *J Esthet Restor Dent* 23(6):390-396.
- Wang JD, Hume WR (1988). Diffusion of hydrogen ion and hydroxyl ion from various sources through dentine. *Int Endod J* 21(1):17-26.
- Wang Y, Spencer P (2002). Quantifying adhesive penetration in adhesive/dentin interface using confocal Raman microspectroscopy. *J Biomed Mater Res* 59(1):46-55.
- Wang Y, Spencer P (2003). Hybridization efficiency of the adhesive/dentin interface with wet bonding. *J Dent Res* 82(2):141-145.
- Wang Y, Spencer P (2005). Continuing etching of an all-in-one adhesive in wet dentin tubules. *J Dent Res* 84(4):350-354.
- Wang Y, Spencer P, Yao X, Brenda B (2007). Effect of solvent content on resin hybridization in wet dentin bonding. *J Biomed Mater Res A* 82(4):975-983.

- Watanabe I, Nikaido T, Nakabayashi N (1990). Effect of adhesion promoting monomers on adhesion to ground dentin. *Journal of the Japanese Society for Dental Materials and Devices* 9(6):888-893.
- Watanabe I, Nakabayashi N (1993). Bonding durability of photocured phenyl-P in TEGDMA to smear layer-retained bovine dentin. *Quintessence Int* 24(5):335-342.
- Watanabe I, Nakabayashi N, Pashley DH (1994). Bonding to ground dentin by a phenyl-P self-etching primer. *J Dent Res* 73(6):1212-1220.
- Wieliczka DM, Kruger M, Spencer P (1997). Raman imaging of dental adhesive diffusion. *Appl Spectrosc* 51(11):1593-1596.
- Wolinsky LE, Armstrong RW, Seghi RR (1993). The determination of ionic bonding interactions of N-phenyl glycine and N-(2-hydroxy-3-methacryloxypropyl)-N-phenyl glycine as measured by carbon-13 NMR analysis. *J Dent Res* 72(1):72-77.
- Wrangsjo K, Swartling C, Meding B (2001). Occupational dermatitis in dental personnel: contact dermatitis with special reference to (meth)acrylates in 174 patients. *Contact Dermatitis* 45(3):158-163.
- Yamauchi M (1986). Study of dental adhesive containing phosphoric acid methacrylate monomer. *Jap J Dent Mater* 5:144-154.
- Yazici AR, Baseren M, Dayangac B (2002). The effect of current-generation bonding systems on microleakage of resin composite restorations. *Quintessence Int* 33(10):763-769.
- Ye Q, Wang Y, Spencer P (2009). Nanophase separation of polymers exposed to simulated bonding conditions. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 88(2):339-348.
- Yiu CK, Garcia-Godoy F, Tay FR, Pashley DH, Imazato S, King NM *et al.* (2002). A nanoleakage perspective on bonding to oxidized dentin. *J Dent Res* 81(9):628-632.
- Yiu CK, King NM, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Carrilho MR *et al.* (2004). Effect of resin hydrophilicity and water storage on resin strength. *Biomaterials* 25(26):5789-5796.
- Yiu CKY, Pashley EL, Hiraishi N, King NM, Goracci C, Ferrari M *et al.* (2005). Solvent and water retention in dental adhesive blends after evaporation. *Biomaterials* 26(34):6863-6872.
- Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P *et al.* (2000). Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res* 79(2):709-714.
- Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Yoshioka M, Snauwaert J, Abe Y *et al.* (2001). Adhesion to and decalcification of hydroxyapatite by carboxylic acids. *J Dent Res* 80(6):1565-1569.
- Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H *et al.* (2004). Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res* 83(6):454-458.

- Yoshida Y, Yoshihara K, Hayakawa S, Nagaoka N, Okihara T, Matsumoto T *et al.* (2012a). HEMA inhibits interfacial nano-layering of the functional monomer MDP. *J Dent Res* 91(11):1060-1065.
- Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T *et al.* (2012b). Self-assembled Nano-layering at the Adhesive interface. *J Dent Res* 91(4):376-381.
- Yoshihara K, Yoshida Y, Nagaoka N, Fukegawa D, Hayakawa S, Mine A *et al.* (2010). Nano-controlled molecular interaction at adhesive interfaces for hard tissue reconstruction. *Acta Biomater* 6(3573-3582).
- Yoshihara K, Yoshida Y, Hayakawa S, Nagaoka N, Irie M, Ogawa T *et al.* (2011a). Nanolayering of phosphoric acid ester monomer on enamel and dentin. *Acta Biomater* 7(8):3187-3195.
- Yoshihara K, Yoshida Y, Hayakawa S, Nagaoka N, Torii Y, Osaka A *et al.* (2011b). Self-etch monomer-calcium salt deposition on dentin. *J Dent Res* 90(5):602-606.
- Yoshioka M, Yoshida Y, Inoue S, Lambrechts P, Vanherle G, Nomura Y *et al.* (2002). Adhesion/decalcification mechanisms of acid interactions with human hard tissues. *J Biomed Mater Res* 59(1):56-62.
- Yoshiyama M, Sano H, Ebisu S, Tagami J, Ciucchi B, Carvalho RM *et al.* (1996). Regional strengths of bonding agents to cervical sclerotic root dentin. *J Dent Res* 75(6):1404-1413.
- Youngson CC, Jones JC, Manogue M, Smith IS (1998). In vitro dentinal penetration by tracers used in microleakage studies. *Int Endod J* 31(2):90-99.
- Yuan Y, Shimada Y, Ichinose S, Tagami J (2008). Hybridization quality in cervical cementum and superficial dentin using current adhesives. *Dent Mater* 24(5):584-593.
- Zander-Grande C, Ferreira SQ, da Costa TR, Loguercio AD, Reis A (2011). Application of etch-and-rinse adhesives on dry and rewet dentin under rubbing action: a 24-month clinical evaluation. *J Am Dent Assoc* 142(7):828-835.
- Zander-Grande C, Amaral RC, Loguercio AD, Barroso LP, Reis A (2014). Clinical performance of one-step self-etch adhesives applied actively in cervical lesions: 24-month clinical trial. *Oper Dent* 39(3):228-238.
- Zhang SC, Kern M (2009). The role of host-derived dentinal matrix metalloproteinases in reducing dentin bonding of resin adhesives. *Int J Oral Sci* 1(4):163-176.
- Zhang Y, Wang Y (2013). Effect of application mode on interfacial morphology and chemistry between dentine and self-etch adhesives. *J Dent* 41(3):231-240.

VII. Índice de figuras

Figura 1 - a) Montagem dos dentes em blocos de resina acrílica; b) Corte das raízes do dente 2,5 mm abaixo da junção amelocementária.	86
Figura 2 - a) Abertura da câmara pulpar com broca esférica diamantada em turbina; b) Preenchimento da câmara pulpar com cola de cianoacrilato; c) Montagem das coroas clínicas nos cilindros de acrílico.....	87
Figura 3 - a) Remoção das cúspides; b) Exposição da dentina média.	87
Figura 4 - Criação de <i>smear layer</i> padronizada.	88
Figura 5 - Adesivos universais em estudo: Scotchbond Universal à esquerda; Adhese Universal à direita e Futurabond U em frente.	88
Figura 6 - Adesivos controlo: Clearfil SE Bond à esquerda e Optibond SOLO Plus à direita.	89
Figura 7 - Divisão experimental dos adesivos universais tendo em conta a sua estratégia de adesão e a humidade deixada na dentina previamente ao processo adesivo.	91
Figura 8 - Aplicação do sistema adesivo: a) Estratégia de aplicação <i>etch-and-rinse</i> - condicionamento ácido segundo recomendações do fabricante; b) Estratégia de aplicação <i>self-etch</i> - sem condicionamento ácido; c) Lavagem com água durante 10 s; d) Aplicação de pélete húmido sobre a dentina em metade dos espécimes; e) Secagem da dentina com jato de ar durante 5 s a 2 cm na outra metade dos espécimes; f) Aplicação do adesivo segundo recomendações do fabricante; g) Polimerização do adesivo segundo recomendações do fabricante.....	92
Figura 9 - Colocação de incrementos de resina composta até perfazer uma altura de 7 mm.....	96
Figura 10 - Individualização da região de dentina central (vermelho) e periférica (azul).	97
Figura 11 - Secção das coroas clínicas no eixo do X (a e b) e do Y (c).	97
Figura 12 - Espécimes em forma de palito com cerca de $0,7 \pm 0,2 \text{ mm}^2$	98
Figura 13 - Divisão dos palitos obtidos para cada adesivo para avaliação às 24 h, 6 meses e 12 meses.....	100
Figura 14 - Palito para teste montado num dispositivo de Geraldeli.	100
Figura 15 - Teste dos palitos até à fratura: a) Máquina Instron; b) Palito montado num dispositivo de Geraldeli na máquina de teste; c) Palito fraturado.....	101
Figura 16 - Medição da área de secção dos palitos com recurso a craveira digital. .	101
Figura 17 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes, de acordo com o fator condição de humidade da dentina. Os grupos assinalados com a mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si ($p > 0,05$).	108

Figura 18 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes para cada fator adesivo/estratégia de adesão, de acordo com o fator condição de humidade da dentina.	108
Figura 19 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes avaliados às 24 h, de acordo com o fator adesivo/estratégia de adesão. Os grupos assinalados com a mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si ($p>0,05$).	109
Figura 20 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes avaliados aos 6 meses, de acordo com o fator adesivo/estratégia de adesão. Os grupos assinalados com a mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si ($p>0,05$).	110
Figura 21 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes avaliados aos 12 meses, de acordo com o fator adesivo/estratégia de adesão. Os grupos assinalados com a mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si ($p>0,05$).	111
Figura 22 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes do fator Adhese Universal/ <i>self-etch</i> , de acordo com o fator tempo de envelhecimento. Letras iguais correspondem a grupos estatisticamente não diferentes entre si ($p>0,05$).	112
Figura 23 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes do fator Adhese Universal/ <i>etch-and-rinse</i> , de acordo com o fator tempo de envelhecimento. Letras iguais correspondem a grupos estatisticamente não diferentes entre si ($p>0,05$).	113
Figura 24 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes do fator Futurabond Universal/ <i>self-etch</i> , de acordo com o fator tempo de envelhecimento. Letras iguais correspondem a grupos estatisticamente não diferentes entre si ($p>0,05$).	113
Figura 25 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes do fator Futurabond U/ <i>etch-and-rinse</i> , de acordo com o fator tempo de envelhecimento. Letras iguais correspondem a grupos estatisticamente não diferentes entre si ($p>0,05$).	114
Figura 26 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes do fator Scotchbond Universal/ <i>self-etch</i> , de acordo com o fator tempo de envelhecimento. Letras iguais correspondem a grupos estatisticamente não diferentes entre si ($p>0,05$).	114
Figura 27 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes do fator Optibond SOLO/ <i>etch-and-rinse</i> , de acordo com o fator tempo de envelhecimento. Letras iguais correspondem a grupos estatisticamente não diferentes entre si ($p>0,05$).	115
Figura 28 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes do fator Clearfil SE Bond/ <i>etch-and-rinse</i> , de acordo com o fator tempo de envelhecimento. Letras iguais correspondem a grupos estatisticamente não diferentes entre si ($p>0,05$).	116

Figura 29 - Média dos valores de resistência adesiva dos espécimes do fator Scotchbond Universal/ <i>etch-and-rinse</i> , de acordo com o fator tempo de envelhecimento. Letras iguais correspondem a grupos estatisticamente não diferentes entre si ($p>0,05$).....	116
Figura 30 - Distribuição do tipo de fratura dos espécimes de acordo com o fator adesivo/estratégia de adesão. Os grupos com letras iguais não são estatisticamente diferentes entre si ($p>0,05$).....	119
Figura 31 - Distribuição do tipo de fratura dos espécimes de acordo com a condição de humidade da dentina. Os espécimes restaurados com a dentina seca não são significativamente diferentes dos espécimes restaurados com dentina húmida ($p=0,569$).	120
Figura 32 - Distribuição do tipo de fratura dos espécimes de acordo com tempo de envelhecimento. Grupos com letras iguais não são estatisticamente diferentes entre si ($p>0,05$).....	121
Figura 33 - Avaliação das falhas pré-teste por adesivo e estratégia de adesão.	121
Figura 34 - Montagem dos dentes em cilindros de resina acrílica.	163
Figura 35 - a) Remoção das cúspides pelo fundo do sulco oclusal mesiodistal; b) Disco de dentina média com aproximadamente 1 mm de espessura; c) Marcação da superfície pulpar do disco de dentina com tinta à prova de água.	164
Figura 36 - Aplicação do sistema adesivo: a) Disco de dentina média; b) Estratégia de aplicação <i>etch-and-rinse</i> - condicionamento ácido segundo recomendações do fabricante; c) Estratégia de aplicação <i>self-etch</i> - sem condicionamento ácido; d) Lavagem com água durante 10 s; e) Secagem da dentina com jato de ar durante 5 s a 2 cm na outra metade dos espécimes; f) Aplicação de bola de algodão húmida sobre a dentina em metade dos espécimes; g) Aplicação do adesivo segundo recomendações do fabricante; h) Polimerização do adesivo segundo recomendações do fabricante.	167
Figura 37 - a) Restauração do disco de dentina com resina fluída até perfazer 1 mm de altura; b) Polimerização da resina composta segundo recomendação do fabricante.	168
Figura 38 - a) Montagem dos discos em cilindros de resina acrílica; b) Corte dos discos; c) Disco separado em duas metades.	168
Figura 39 - a) Hemidiscos de dentina; b) Hemidiscos de dentina recobertos com duas camadas de verniz; c) Verniz das unhas; d) Aspeto do hemidisco com a interface não pintada com verniz.....	169
Figura 40 - a) Reidratação dos hemidiscos; b) Colocação dos hemidiscos em nitrato de prata amoniacal.	170
Figura 41 - a) Solução de nitrato de prata amoniacal; b) Nitrato de prata; c) Hidróxido de amónia.	170

Figura 42 - a) Solução fotográfica reveladora; b) Interface dos hemidiscos após remoção do verniz.	171
Figura 43 - a) Discos de lixa de carbetto de silício; b) Polimento de um hemidisco durante 1 min com refrigeração.	172
Figura 44 - a) Pastas de polimento diamantadas; b) Polimento de um hemidisco durante 1 min com pasta de diamante de abrasividade decrescente de 6 μm (b_1) e de 3 μm (b_2) e de 1 μm (b_3) respetivamente.	172
Figura 45 - Desidratação dos espécimes em concentrações ascendentes de etanol.	173
Figura 46 - Secagem dos hemidiscos à temperatura ambiente.	173
Figura 47 - Montagem dos hemidiscos em porta-espécimes de alumínio a) Forrados com fita de carbono; b) Após recobrimento com uma camada de uma suspensão de prata coloidal de secagem rápida.	174
Figura 48 - Metalização dos espécimes numa atmosfera de argon com 200 nm de ouro/paládio numa máquina de cobertura de espécimes.	174
Figura 49 - Microscópio eletrónico de varrimento de alta resolução.	175
Figura 50 - Imagem de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos da interface adesiva do espécime Scotchbond Universal na sua versão self-etch , em dentina húmida (a). A interface foi encurtada por motivos de representação. A figura b pretende mostrar uma área representativa de nanoinfiltração. Ampliações de 200X (a) e de 1500 (b).	178
Figura 51 - Região da interface adesiva utilizada para análise de espectros (à esquerda) e confirmação da presença do elemento prata na interface adesiva por análise EDS (à direita).	178
Figura 52 - Nanoinfiltração da interface adesiva observada a 200X (a) e a 1500X (b). Presença de nitrato de prata na camada híbrida (seta).	179
Figura 53 - Diagrama de caixas da percentagem de nanoinfiltração dos espécimes, avaliados às 24 h de acordo com a combinação adesivo/estratégia de adesão utilizados. Os grupos assinalados com a mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si ($p>0,05$).	184
Figura 54 - Diagrama de caixas da percentagem de nanoinfiltração dos espécimes, avaliados aos 6 meses de acordo com a combinação adesivo/estratégia de adesão utilizados. Os grupos assinalados com a mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si ($p>0,05$).	184
Figura 55 - Diagrama de caixa da percentagem de nanoinfiltração dos espécimes, avaliados às 24 h de acordo com a condição de humidade da dentina. Não há diferença significativa entre nenhum dos grupos, quando comparados os espécimes processados com dentina seca <i>versus</i> dentina húmida ($p>0,05$). ...	186

- Figura 56** - Diagrama de caixa da percentagem de nanoinfiltração dos espécimes, avaliados aos **6 meses** de acordo com a condição de humidade da dentina. Não há diferença significativa entre nenhum dos grupos, quando comparados os espécimes processados com dentina seca *versus* dentina húmida ($p>0,05$). ... 187
- Figura 57** - Diagrama de caixa da percentagem de nanoinfiltração na interface adesiva dos grupos em estudo em função do tempo de envelhecimento. À exceção do grupo SU todos os outros grupos apresentam diferenças estatisticamente diferentes entre os dois tempos avaliados ($p<0,05$). *- *outlier* severo; ¢ - *outlier* moderado..... 189
- Figura 58** - Imagens de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos representativas da localização dos depósitos de nitrato de prata na interface adesiva dos adesivos universais, em função do tipo de estratégia de adesão. As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspeto granular. Ampliações de 5000X..... 191
- Figura 59** - Imagens de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos representativas da localização dos depósitos de nitrato de prata na interface adesiva dos adesivos controlo de cada estratégia de adesão. As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspeto granular. Ampliações de 5000X..... 192
- Figura 60** – Imagens de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos de parte da interface adesiva do adesivo **Adhese Universal** (a), do adesivo **Scotchbond Universal** (b) e do adesivo **Futurabond U** (c) todos aplicados segundo estratégia **etch-and-rinse** em **dentina húmida** que mostram a presença de prata entre os prolongamentos de resina e as paredes dos túbulos dentinários. Ampliações de 5000X. 192
- Figura 61** - Imagem de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos da interface adesiva formada pelo adesivo Adhese Universal na sua versão **self-etch**, em dentina húmida, às 24 h (a) e após 6 meses de envelhecimento (b). De notar a presença de depósitos de prata no interior da camada adesiva (CA). Ampliações de 2500X. 193
- Figura 62** - Imagem de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos da interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal** na sua versão **self-etch**, em **dentina húmida**, às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento (b). De notar a presença de depósitos de prata no interior da camada adesiva (CA). Ampliações de 5000X..... 193
- Figura 63** - Imagens de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos representativas da localização dos depósitos de nitrato de prata na interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal**, aplicado segundo estratégia **etch-and-rinse** e **self-etch**, em função da condição de humidade da dentina. As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspeto granular. Ampliações de 2500X..... 194
- Figura 64** - Imagens de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos representativas da localização dos depósitos de nitrato de prata na interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U**, aplicados segundo estratégia **etch-and-rinse** e **self-etch**, em função da condição de humidade da dentina. As

- regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspeto granular. Ampliações de 2500X..... 195
- Figura 65** - Imagens de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos representativas da localização dos depósitos de nitrato de prata na interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal**, aplicado segundo estratégia **etch-and-rinse** e **self-etch**, em função da condição de humidade da dentina. As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspeto granular. Ampliações de 2500X..... 196
- Figura 66** - Imagens representativas da localização dos depósitos de nitrato de prata na interface adesiva formada pelos adesivos **Optibond SOLO Plus** e **Clearfil SE Bond**, aplicados segundo estratégia **etch-and-rinse** e **self-etch**, respetivamente, em função da condição de humidade da dentina. As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspeto granular. Ampliações de 2500X. 197
- Figura 67** - Imagens de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos representativas do envelhecimento da interface adesiva do adesivo **Scotchbond Universal**, aplicado segundo estratégia **self-etch** e segundo estratégia **etch-and-rinse**. As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspeto granular. Ampliações de 5000X..... 198
- Figura 68** - Imagens de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos representativas do envelhecimento da interface adesiva do adesivo **Futurabond U**, aplicado segundo estratégia **self-etch** e segundo estratégia **etch-and-rinse**. As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspeto granular. Ampliações de 5000X..... 199
- Figura 69** - Imagens de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos representativas do envelhecimento da interface adesiva do adesivo **Adhese Universal**, aplicado segundo estratégia **self-etch** e segundo estratégia **etch-and-rinse**. As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspeto granular. Ampliações de 5000X..... 200
- Figura 70** - Imagens de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos representativas do envelhecimento da interface adesiva do adesivo controlo da técnica **self-etch** (CL-SE) e do adesivo controlo da técnica **etch-and-rinse** (OS-ER). As regiões de deposição de prata correspondem às regiões brancas de aspeto granular. Ampliações de 5000X..... 201
- Figura 71** - Imagem de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos que mostra a delaminação da interface adesiva do adesivo **Optibond SOLO Plus** em dentina seca, às **24 h** (a). De notar a presença de depósitos de prata no interior da delaminação. Ampliação de 200X (a), de 1000X (b) e de 2000X (c). 202
- Figura 72** - Imagem de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos que mostra a delaminação da interface adesiva do adesivo **Futurabond U** em dentina seca, em estratégia **etch-and-rinse**, às **24 h** (a) e em estratégia **self-etch**, aos **6 meses** (b). Ampliações de 1500X. 203
- Figura 73** - Imagem de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos que evidencia a delaminação entre a camada adesiva e a camada híbrida do adesivo

- Optibond SOLO Plus em dentina húmida** (a e b). São também de notar as partículas de carga na espessura da camada adesiva (seta) (b)..... 203
- Figura 74** - Imagem de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos da interface adesiva de dois espécimes do adesivo **Futurabond U**, na sua versão **etch-and-rinse** em **dentina seca**, que evidenciam (seta) a presença de nanoporosidades na camada híbrida. Ampliações de 1500X. 204
- Figura 75** - Manifestação ultramorfologia da permeabilidade da camada adesiva dos adesivos universais **Scotchbond Universal** (a) **Optibond SOLO Plus** (b), aplicados de forma **etch-and-rinse**, em **dentina húmida** com a formação de árvores de água. Ampliações de 1500X (a) e de 2500X (b)..... 204
- Figura 76** - Imagem de FEG-SEM com detetor de eletrões retrodifundidos de parte da interface adesiva do adesivo **Scotchbond Universal** na sua versão **etch-and-rinse** em **dentina húmida** (a) e do adesivo **Scotchbond Universal** na sua versão **etch-and-rinse** em **dentina seca** (b). Ampliações de 5000X (a) e de 1000X (b). 205
- Figura 77** - Arrastamento de nitrato de prata sobre a superfície de dentina (a) Visualização da superficialidade dos depósitos de prata (b)..... 205
- Figura 78** - a) Montagem dos discos em cilindros de resina acrílica; b) Disco separado em duas metades; c) Representação do hemidisco avaliado às 24 h e do hemidisco correspondente, avaliado após 6 meses de envelhecimento artificial..... 240
- Figura 79** - Inclusão dos hemidiscos em resina acrílica autopolimerizável. 241
- Figura 80** - a) Discos de lixa de carbetto de silício; b) Polimento de um hemidisco durante 1 min com refrigeração..... 241
- Figura 81** - Polimento de um hemidisco durante 1 min com pasta de diamante de abrasividade de 6 µm. 242
- Figura 82** - a) Corte da região superior dos cilindros de resina acrílica de modo a soltar os espécimes polidos (b). 242
- Figura 83** - Micrografias obtidas em FEG-SEM que mostram a superfície dentinária antes (imagem a e b) e depois da desmineralização com ácido fosfórico (imagem c). Ampliação de 10000X (a), 25000X (b) e 5000X (c)..... 244
- Figura 84** - Microfotografias obtidas em FEG-SEM que mostram a interface adesiva do adesivo **Optibond SOLO Plus**, aplicado de forma **etch-and-rinse**. A imagem da esquerda mostra os prolongamentos em forma de funil e a imagem da direita para além de se tratar de uma maior ampliação da forma de funil, mostra também o aspeto irregular da superfície do prolongamento, típico de uma boa adaptação às paredes tubulares. Ampliação de 3500X (a) e de 10000X (b)..... 245
- Figura 85** - Micrografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Scotchbond Universal** (a) e **Optibond SOLO Plus** (b) aplicado **após condicionamento ácido** em **dentina húmida**, onde é visível a região de interdifusão da resina na dentina (camada híbrida – CH) e a

- interdifusão da resina nos túbulos dentinários (prolongamentos de resina), desenhando a forma de um funil na sua região superior. Ampliação de 2500X (a) e 5000X (b). 246
- Figura 86** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal** que evidencia a presença de anastomoses entre túbulos, ampliadas na imagem da direita. Ampliação de 2500X (a) e de 5000X (b). 246
- Figura 87** - Micrografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Adhese Universal**, aplicado **após condicionamento ácido** em **dentina húmida**, evidenciando a presença de: a) prolongamentos de resina (P) abundantes e b) de prolongamentos laterais de resina (PL). Ampliação de 10000X. 247
- Figura 88** - Micrografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Scotchbond Universal** (a), **Futurabond U** (b), **Adhese Universal** (c) e **Optibond SOLO Plus** (d) aplicado após **condicionamento ácido** em **dentina húmida**, evidenciando a presença de um espaço vazio abaixo da camada híbrida (seta bidirecional), compatível com a presença de uma região de dentina desmineralizada não infiltrada por resina. Ampliações de 500X. 248
- Figura 89** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM que mostram a interface adesiva promovida pelo adesivo **Futurabond U** (a) e pelo adesivo **Adhese Universal** (b) ambos aplicados **sem pré-condicionamento** da dentina, quando a dentina foi **seca** para a adesão. De notar a camada híbrida muito estreita (CH) e os prolongamentos de resina escassos (P). Ampliações de 2500X. 249
- Figura 90** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM que mostram a interface adesiva promovida pelo adesivo **Scotchbond Universal**, segundo estratégia **self-etch**, em **dentina húmida**. De notar a presença de prolongamentos de resina (P) e de algumas anastomoses entre prolongamentos vizinhos (MP). Ampliação de 2500X (a) e de 5000X (b). 249
- Figura 91** - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Scotchbond Universal**, aplicado **após condicionamento ácido** em **dentina húmida**, evidenciando a presença de camada híbrida (CH); de prolongamentos de resina abundantes (P) e de prolongamentos laterais de resina (PL). Pode ainda observar-se a camada adesiva (CA); a resina composta (C) e a dentina (D). Ampliação de 1000X e de 2500X (b). 250
- Figura 92** - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Scotchbond Universal**, aplicado segundo estratégia **self-etch**, em **dentina húmida**. Ampliação de 1000X (a) e de 2500X (d). 251
- Figura 93** - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Futurabond U**, aplicado **após condicionamento ácido** em **dentina húmida**, evidenciando a camada híbrida (CH); os prolongamentos de resina (P) e a camada adesiva (CA) muito porosa (seta). Ampliação de 1000X (a) e de 2500X (b). 252
- Figura 94** - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Futurabond U**, aplicado **após condicionamento ácido** em

- dentina húmida**, evidenciando a espessura mínima da camada adesiva e a presença de poros entre a resina composta e a camada adesiva (seta). Ampliação de 2500X (a) e de 5000X (b). 252
- Figura 95** - Micrografia obtida em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U**, aplicado **após condicionamento ácido** em **dentina húmida**, evidenciando a presença de anastomoses de resina entre prolongamentos vizinhos. Ampliação de 3500X..... 253
- Figura 96** - Microfotografias obtidas da secção transversal da interface adesiva do espécime **Futurabond U**, aplicado segundo estratégia **self-etch**, em **dentina húmida**, evidenciando uma fina camada híbrida e camada adesiva e a presença de prolongamentos de resina (P) muito ocasionais. Pode ainda observar-se a resina composta (C), a camada adesiva (CA) e a dentina (D). Ampliação de 1000X (a) e de 2500X (b). 254
- Figura 97** - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Adhese Universal**, aplicado **após condicionamento ácido** em **dentina húmida**, evidenciando a presença da camada híbrida (CH); de prolongamentos de resina abundantes (P) e de prolongamentos laterais de resina incompletos (asterisco) ou ligados a prolongamentos vizinhos (região oval). Pode ainda observar-se a camada adesiva (CA), a resina composta (C) e a dentina (D). Ampliação de 1000X (a) e de 2500X (b). 255
- Figura 98** - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva do espécime **Adhese Universal**, aplicado segundo estratégia **self-etch**, em **dentina húmida**, São notados prolongamentos de resina curtos e uma zona impregnada de resina fina. Ampliação de 1000X (a) e de 2500X (b)..... 256
- Figura 99** - Micrografias obtidas em FEG SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo controlo da técnica **etch-and-rinse**, **Optibond SOLO Plus** aplicado em **dentina húmida**, evidenciando a presença de camada híbrida (CH); de prolongamentos de resina abundantes (P) e de prolongamentos laterais de resina (MP). Pode ainda observar-se a camada adesiva (CA); a resina composta (C) e a dentina (D). Ampliação de 1000X (a) e de 2500X (b). 257
- Figura 100** - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **self-etch** de dois passos, **Clearfil SE Bond**, em **dentina húmida**, evidenciando a presença de uma zona impregnada de resina (CA) e alguns prolongamentos de resina (P). Pode ainda observar-se uma camada adesiva espessa e nítida (CA), a resina composta (C) e a dentina (D). Ampliação de 1000X (a) e de 2500X (b). 258
- Figura 101** - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal**, versão **etch-and-rinse**, em **dentina húmida** (à esquerda) e em **dentina seca** (à direita) mostrando as semelhanças entre a ultramorfologia da interface adesiva conseguida nas duas diferentes condições de humidade da dentina. Ampliações de 1500X. 259
- Figura 102** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U** em **dentina húmida** (à esquerda) e em **dentina seca** (à direita). Na dentina seca observam-se prolongamentos de resina mais curtos e com constrição superior (asterisco). As anastomoses entre

- prolongamentos são menos abundantes e a camada adesiva ligeiramente mais espessa quando a dentina é mantida seca. Ampliações de 1500X. 259
- Figura 103** - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal**, aplicado segundo estratégia **etch-and-rinse**, em **dentina húmida** (à esquerda) e em **dentina seca** (à direita). Na dentina seca observam-se prolongamentos de resina mais curtos. As anastomoses entre prolongamentos são menos abundantes e a camada adesiva ligeiramente mais espessa quando a dentina é mantida seca. Ampliações de 1500X. 260
- Figura 104** - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Optibond SOLO Plus** em **dentina húmida** (à esquerda) e em **dentina seca** (à direita). Na dentina seca observam-se prolongamentos de resina mais curtos e com constrição superior. As anastomoses entre prolongamentos são menos abundantes e a camada adesiva ligeiramente mais espessa quando a dentina é mantida seca. Ampliações de 1500X. 260
- Figura 105** - Microfotografias obtidas da interface adesiva do adesivo **Futurabond U** em **dentina seca**, **após condicionamento ácido** (ampliação de 2500X). Note-se a porosidade na superfície dos prolongamentos, em destaque na figura da direita (ampliação de 5000X). 261
- Figura 106** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal** em **dentina húmida** (à esquerda) e em **dentina seca** (à direita). Quando a dentina é seca são notados menos e mais curtos prolongamentos de resina, bem como uma maior espessura da camada adesiva. Ampliações de 1500X. 262
- Figura 107** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U** em **dentina húmida** (à esquerda) e em **dentina seca** (à direita). É de notar uma maior espessura de adesivo quando a dentina é seca. Ampliações de 1500X. 262
- Figura 108** - Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal**, aplicado segundo estratégia **self-etch**, em **dentina húmida** (à esquerda) e em **dentina seca** (à direita). Na dentina seca observam-se prolongamentos de resina muito curtos e uma camada adesiva ligeiramente mais espessa do que a encontrada na dentina húmida. Ampliações de 1500X. 263
- Figura 109** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM: Secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Clearfil SE Bond**, em **dentina húmida** (à esquerda) e em **dentina seca** (à direita). É de notar a maior espessura da camada adesiva e o menor comprimento dos prolongamento de resina, quando a dentina é seca, conforme o recomendado pelo fabricante. Ampliações de 1500X. 263
- Figura 110** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal**, aplicado de forma **etch-and-rinse** em dentina **húmida**: a) às **24 h** e b) após **6 meses** de envelhecimento artificial. Note-se na imagem b, os prolongamentos de resina (P)

- fraturados bem como o aspeto irregular da camada híbrida (CH) e da camada adesiva (CA). Ampliações de 2500X (a e b). Note-se na imagem b₁, uma maior ampliação (5000X) do espécime envelhecido que evidencia a degradação, essencialmente, da camada híbrida e da superfície dos prolongamentos de resina. 265
- Figura 111** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal**, aplicado de forma **etch-and-rinse** em dentina **seca**: a e a₁ às **24 h** e b e b₁ após **6 meses** de envelhecimento artificial. Note-se na imagem b um espaço vazio ligeiramente maior abaixo da camada híbrida face à imagem obtida em a (representado por uma seta bidirecional). As imagem a₁ e b₁, são ampliações dos espécimes representados em a e b e pretendem mostrar o aspeto irregular da camada híbrida (CH) e camada adesiva (CA) após 6 meses de envelhecimento. Ampliações de 500X (a e b) e de 2500X (a₁ e b₁). 266
- Figura 112** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal**, de forma **self-etch** em dentina **húmida** às **24 h** (a) e ao final de **6 meses** de armazenamento (b). Note-se na imagem b os prolongamentos de resina (P) fraturados, bem como a presença de alguns poros na camada adesiva (seta) e o aspeto irregular da camada adesiva (CA) e da camada híbrida (CH). Ampliações de 2500X. 267
- Figura 113** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal**, de forma **self-etch** em dentina **seca** às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Note-se na imagem b a presença de uma fenda entre a região infiltrada por resina (CH) e a dentina subjacente (D). Ampliações de 2500X. 267
- Figura 114** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U**, de forma **etch-and-rinse** em dentina **húmida**, às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Note-se na imagem b a presença de prolongamentos destruídos. Ampliações de 2500X. 268
- Figura 115** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U**, de forma **etch-and-rinse** em dentina **seca** às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Note-se na imagem b a presença a destruição dos prolongamentos de resina e as porosidades da camada híbrida. As porosidades da camada adesiva já se encontravam nos espécimes fotografados às 24 h. Apesar de na microfotografia b os poros na camada adesiva serem mais abundantes, tal facto pode dever-se apenas à região da interface adesiva vista em b ser diferente da região vista em a e não ao facto dos poros terem aumentado em número. Ampliações de 2500X. 268
- Figura 116** – Microfotografia obtida em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U**, de forma **self-etch** em dentina **húmida** às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). A imagem obtida aos 6 meses denota uma grande destruição da camada adesiva (CA) e camada híbrida (CH). Ampliações de 2500X. 269

- Figura 117** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U**, de forma **self-etch** em **dentina seca** às **24 h** (a, c e e) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b, d e f). As imagens obtidas aos 6 meses denotam uma grande destruição da camada híbrida (CH), da camada adesiva (CA) e áreas de delaminação entre a camada híbrida e a dentina subjacente (asteriscos). Note-se que às 24 h já era possível observar áreas de delaminação da interface (e). Ampliações de 2500X. 270
- Figura 118** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal**, de forma **etch-and-rinse** em **dentina húmida** às **24 h** (a e a₁) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b e b₁). É notado um aumento do espaço abaixo da camada híbrida, não infiltrado por resina após 6 meses de envelhecimento (b), face ao encontrado na microfotografia obtida às 24 h (a). A imagem a₁ e b₁ correspondem a ampliações das regiões anteriores. É notória a degradação da superfície da camada híbrida (CH) e da camada adesiva (CA) na microfotografia obtida aos 6 meses de avaliação. Ampliações de 500X (a e b) e de 2500X (a₁ e b₁). 271
- Figura 119** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal**, de forma **etch-and-rinse** em **dentina húmida** às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). As imagens obtidas mostram a presença dos prolongamentos de resina laterais (PL), mesmo após 6 meses de envelhecimento dos espécimes. Ampliação de 10000X (a) e de 5000X (b). 272
- Figura 120** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal**, de forma **etch-and-rinse** em **dentina seca** às **24 h** (a e a₁) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b e b₁). A comparação das microfotografias a e b parece mostrar um aumento do espaço vazio (seta bidirecional) abaixo da camada híbrida após 6 meses de envelhecimento. As imagens b₁ e b₂ são ampliações das imagens anteriores e evidenciam a degradação da superfície da camada híbrida (CH) e da camada adesiva (CA). Ampliações de 500X (a e b) e de 2500X (a₂ e b₂). 273
- Figura 121**- Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal**, de forma **self-etch** em **dentina seca** às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Não são notadas diferenças significativas na ultramorfologia entre os dois tempos de avaliação. Ampliações de 2500X. 274
- Figura 122** - Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Adhese Universal**, de forma **self-etch** em **dentina seca** às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Não são notadas diferenças significativas na ultramorfologia entre os dois tempos de avaliação. Ampliações de 2500X. 274
- Figura 123** - Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Optibond SOLO Plus**, de forma **etch-and-rinse** em **dentina húmida**: às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Com o envelhecimento é notado algum envelhecimento da base da camada híbrida (CH) e na camada adesiva (CA). Ampliações de 2500X. 275

- Figura 124** - Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Optibond SOLO Plus**, de forma **etch-and-rinse** em **dentina seca**: às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Com o envelhecimento a base da camada híbrida encontra-se irregular. Ampliações de 2500X. 275
- Figura 125** - Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Clearfil SE Bond**, de forma **self-etch** em **dentina húmida** às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Não são notadas diferenças significativas na ultramorfologia entre os dois tempos de avaliação. Ampliações de 2500X..... 276
- Figura 126** - Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Clearfil SE Bond**, de forma **self-etch** em **dentina seca**: às **24 h** (a) e após **6 meses** de envelhecimento artificial (b). Não são notadas diferenças significativas na ultramorfologia entre os dois tempos de avaliação. Ampliações de 2500X..... 276
- Figura 127** – Microfotografia obtida em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Scotchbond Universal**, de forma **etch-and-rinse** em **dentina húmida**, que mostra a inconstância da espessura da camada adesiva ao longo da interface adesiva. Ampliação de 1000X. 277
- Figura 128** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U**, de forma **etch-and-rinse** em **dentina húmida**, que mostra a falta de hibridização dos prolongamentos de resina à parede dos túbulos, na sua porção média (identificada por setas na imagem. Ampliações de 15000X. 277
- Figura 129** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Futurabond U**, aplicado de forma **etch-and-rinse** em **dentina húmida**, que mostra a presença de resina composta a penetrar nos túbulos dentinários. Ampliações de 5000X. 278
- Figura 130** – Microfotografia obtida em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Optibond SOLO Plus**, aplicado de forma **etch-and-rinse** em **dentina seca**, que mostra a presença de partículas compatíveis com carga no interior da camada. Ampliação de 1500X..... 278
- Figura 131** – Microfotografias obtidas em FEG-SEM da secção transversal da interface adesiva formada pelo adesivo **Optibond SOLO Plus** (a) e pelo adesivo **Scotchbond Universal** (b), ambos aplicados de forma **etch-and-rinse** em **dentina seca**, que mostram a presença de poros de grandes dimensões no interior da camada adesiva. Ampliações de 3500X..... 279

VIII. Índice de tabelas

Tabela 1 - Constituição dos grupos de estudo de acordo com a combinação adesivo/estratégia de adesão utilizada e condição de humidade da dentina imediatamente antes da aplicação do adesivo.....	76
Tabela 2 - Características individuais dos adesivos em estudo.....	89
Tabela 3 – Fabricante, lote e composição dos adesivos em estudo (informação fornecida pelos respetivos fabricantes).	90
Tabela 4 - Modo de aplicação de cada sistema adesivo, de acordo com a estratégia de adesão, conforme recomendado pelo fabricante e conforme protocolado neste estudo laboratorial.	93
Tabela 5 - Fabricante e composição da resina composta utilizada no estudo de microtração.....	95
Tabela 6 - Número de espécimes testados, de falhas pré-teste e localização dentinária dos palitos testados, para cada grupo de estudo.	99
Tabela 7 - Média e desvio padrão das forças de resistência adesiva em função da associação adesivo/estratégia de adesão, condição de humidade da dentina e tempo de envelhecimento.....	105
Tabela 8 - Resultados detalhados do teste estatístico ANOVA para os efeitos intersujeitos.	106
Tabela 9 - Resultados detalhados do teste estatístico ANOVA para os efeitos intrasujeitos, assumindo a condição de esfericidade previamente verificada.	107
Tabela 10 – Valores médios de resistência adesiva obtidos nos espécimes, em MPa, em função da posição relativa na dentina de onde foi obtido o palito e de acordo com a estratégia de adesão e com o tempo de envelhecimento dos espécimes.	117
Tabela 11 - Número (percentagem) de espécimes de acordo com o tipo de falha de todos os grupos em estudo: A) falha adesiva, M) falha mista e C) falha coesiva.....	118
Tabela 12 – Fabricante e composição química da resina composta fluida utilizada no estudo de nanoinfiltração.	165
Tabela 13 - Medidas de tendência central e de dispersão de proporção de nanoinfiltração às 24 h , dos 16 grupos constituídos de acordo com as combinações possíveis entre adesivo/estratégia de adesão e, condição de humidade da dentina utilizados.	180

Tabela 14 - Medidas de tendência central e de dispersão de proporção de nanoinfiltração aos 6 meses , dos 16 grupos de estudo constituídos de acordo com a combinações possíveis entre adesivo/estratégia de adesão e condição de humidade da dentina utilizados.....	181
Tabela 15 - Mediana e intervalo interquartil da percentagem de nanoinfiltração na interface adesiva em função da associação adesivo/estratégia de adesão, às 24 h e aos 6 meses	182
Tabela 16 - Mediana e intervalo interquartil da percentagem de nanoinfiltração na interface adesiva em função da condição de humidade da dentina, para cada grupo adesivo/estratégia de adesão e tempo de envelhecimento. .	185
Tabela 17 - Mediana e intervalo interquartil de nanoinfiltração na interface adesiva, por grupo de combinações de adesivo/estratégia de adesão, em função do tempo de envelhecimento.....	188

IX. Apêndice

Tabela I – Tabela de saída do teste de resistência adesiva dos espécimes processados às 24 h.

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5476	0,0125	22,8269	Adesiva
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,4692	0,0181	38,5763	Adesiva
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,5037	0,0081	16,0810	Mista
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,5312	0,0295	55,5346	Mista
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6391	0,0223	34,8928	Adesiva
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5644	0,0270	47,8384	Adesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,5621	0,0234	41,6296	Mista
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,518	0,0257	49,6139	Mista
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,5183	0,0269	51,9004	Mista
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,5382	0,0074	13,7495	Adesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,5625	0,0298	52,9778	Coesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,5402	0,0176	32,5805	Adesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,5772	0,0261	45,2183	Adesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,6723	0,0132	19,6341	Adesiva
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,6468	0,0276	42,6716	Mista
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,6225	0,0039	6,2651	Adesiva
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,5929	0,0117	19,7335	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6586	0,0320	48,5879	Mista
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6708	0,0170	25,3429	Mista
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,6318	0,0243	38,4615	Mista
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,608	0,0173	28,4539	Adesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,6083	0,0211	34,6868	Adesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,6162	0,0094	15,2548	Adesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,6864	0,0189	27,5350	Mista
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,684	0,0163	23,8304	Coesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6391	0,0122	19,0893	Adesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,5772	0,0104	18,0180	Adesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,6561	0,0235	35,8177	Adesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,624	0,0235	37,6603	Adesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	6	0,6804	0,0092	13,5215	Adesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5928	0,0106	17,8812	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,6059	0,0022	3,6310	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,632	0,0064	10,1266	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,656	0,0071	10,8232	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6468	0,0077	11,9048	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,8216	0,0059	7,1811	Coesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,702	0,0126	17,9487	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,6142	0,0178	28,9808	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,511	0,0288	56,3601	Mista
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,714	0,0199	27,8711	Adesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,4828	0,0299	61,9304	Adesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,5467	0,0089	16,2795	Adesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,584	0,0110	18,8356	Mista
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,5256	0,0071	13,5084	Adesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,532	0,0178	33,4586	Adesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,576	0,0127	22,0486	Adesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,648	0,0210	32,4074	Adesiva
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,6794	0,0249	36,6500	Mista
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,741	0,0118	15,9244	Adesiva
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,672	0,0234	34,8214	Mista
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,744	0,0270	36,2903	Mista
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,585	0,0021	3,5214	Mista
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,7395	0,0247	33,4009	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,624	0,0058	9,2949	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,705	0,0111	15,7447	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,578	0,0304	52,5952	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,6873	0,0120	17,4596	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,57	0,0120	21,0526	Coesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,525	0,0151	28,7619	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,7221	0,0280	38,7758	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	0,5254	0,0214	40,7309	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,616	0,0072	11,6883	Adesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,5796	0,0182	31,4010	Adesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,6278	0,0245	39,0252	Coesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,6396	0,0122	19,0744	Mista
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	5	0,555	0,0250	45,0450	Coesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,5467	0,0197	36,0344	Coesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,688	0,0044	6,3953	Adesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,688	0,0131	19,0407	Adesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,801	0,0165	20,5993	Adesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,765	0,0231	30,1961	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	0,56	0,0107	19,1071	Mista
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	7	0,6724	0,0117	17,4004	Adesiva
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,6364	0,0143	22,4701	Adesiva
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,5624	0,0108	19,2034	Adesiva
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,684	0,0076	11,1111	Adesiva
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,675	0,0076	11,2593	Mista
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,8424	0,0078	9,2593	Mista
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,648	0,0197	30,4012	Adesiva
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,5913	0,0154	26,0443	Adesiva
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,51	0,0266	52,1569	Mista
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,5616	0,0214	38,1054	Adesiva
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	0,6237	0,0137	21,9657	Mista
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,5328	0,0160	30,0300	Mista
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,6474	0,0279	43,0955	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6278	0,0325	51,7681	Mista
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,672	0,0190	28,2738	Mista
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,609	0,0210	34,4828	Mista
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,6052	0,0310	51,2227	Coesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,8428	0,0270	32,0361	Adesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,608	0,0151	24,8355	Mista
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,8352	0,0133	15,9243	Adesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6715	0,0258	38,4214	Coesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,7221	0,0219	30,3282	Coesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,555	0,0220	39,6396	Mista
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,585	0,0275	47,0085	Mista
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,656	0,0307	46,7988	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,6156	0,0021	3,4113	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6083	0,0020	3,2879	Coesiva
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6075	0,0023	3,7860	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,56	0,0014	2,5000	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	0,632	0,0070	11,0759	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,702	0,0032	4,5584	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,5624	0,0010	1,7781	Coesiva
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,624	0,0029	4,6474	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,5852	0,0015	2,5632	Coesiva
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,615	0,0085	13,8211	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,608	0,0155	25,4934	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,5846	0,0222	37,9747	Mista
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,8051	0,0329	40,8645	Coesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,7052	0,0262	37,1526	Mista
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,5265	0,0064	12,1557	Mista
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,6006	0,0185	30,8025	Coesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,624	0,0281	45,0321	Coesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,5402	0,0215	39,8001	Mista
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,7052	0,0272	38,5706	Adesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,68	0,0043	6,3235	Mista
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	7	0,6205	0,0113	18,2111	Adesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,5561	0,0153	27,5130	Adesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6314	0,0254	40,2281	Mista
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6786	0,0293	43,1771	Mista
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,6399	0,0239	37,3496	Mista
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	0,7304	0,0250	34,2278	Coesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	6	0,6156	0,0356	57,8298	Coesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,608	0,0021	3,4539	Mista
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,6	0,0173	28,8333	Mista
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6075	0,0331	54,4856	Coesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,5475	0,0226	41,2785	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,7055	0,0322	45,6414	Coesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,6396	0,0246	38,4615	Mista
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6396	0,0158	24,7029	Mista
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,5548	0,0236	42,5379	Mista
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,555	0,0293	52,7928	Adesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,497	0,0207	41,6499	Coesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,6318	0,0227	35,9291	Adesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	6	0,6006	0,0234	38,9610	Mista
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,624	0,0162	25,9615	Adesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,6162	0,0099	16,0662	Mista
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,7209	0,0137	19,0040	Coesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,8	0,0105	13,1250	Mista
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,714	0,0092	12,8852	Mista
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,95	0,0101	10,6316	Mista
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6764	0,0284	41,9870	Adesiva
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,8134	0,0256	31,4728	Mista
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,7482	0,0205	27,3991	Mista
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,7221	0,0312	43,2073	Adesiva
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,7221	0,0271	37,5294	Adesiva
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,7392	0,0242	32,7381	Mista
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,7221	0,0240	33,2364	Mista
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6888	0,0143	20,7607	Coesiva
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,7917	0,0409	51,6610	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,6586	0,0298	45,2475	Mista
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5451	0,0177	32,4711	Mista
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,648	0,0161	24,8457	Mista
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,6561	0,0181	27,5873	Mista
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,66	0,0200	30,3030	Coesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,6232	0,0020	3,2092	Adesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6399	0,0313	48,9139	Mista
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,6396	0,0257	40,1814	Adesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,7216	0,0127	17,5998	Adesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6975	0,0108	15,4839	Adesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,8148	0,0105	12,8866	Mista
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,6006	0,0273	45,4545	Mista
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	7	0,6162	0,0207	33,5930	Coesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,7047	0,0304	43,1389	Adesiva
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6424	0,0244	37,9826	Adesiva
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,5135	0,0247	48,1013	Mista
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,6162	0,0267	43,3301	Mista
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,7802	0,0284	36,4009	Mista
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,648	0,0263	40,5864	Mista
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,6336	0,0297	46,8750	Mista
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6624	0,0111	16,7572	Coesiva
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,6723	0,0257	38,2270	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6075	0,0221	36,3786	Coesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,7055	0,0191	27,0730	Mista
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,5776	0,0173	29,9515	Mista
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,555	0,0267	48,1081	Coesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,6675	0,0107	16,0300	Mista
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6497	0,0307	47,2526	Coesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,552	0,0077	13,9493	Coesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,5576	0,0187	33,5366	Mista
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6536	0,0281	42,9927	Mista
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,6557	0,0280	42,7025	Adesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,6512	0,0239	36,7015	Mista
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	7	0,7743	0,0207	26,7338	Mista
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5183	0,0058	11,1904	Adesiva
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,6474	0,0197	30,4294	Adesiva
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,7347	0,0117	15,9249	Adesiva
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,511	0,0088	17,2211	Adesiva
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,6888	0,0180	26,1324	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,5776	0,0100	17,3130	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,7482	0,0087	11,6279	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6225	0,0149	23,9357	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6351	0,0176	27,7122	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,672	0,0060	8,9286	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,801	0,0120	14,9813	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5568	0,0137	24,6049	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,4352	0,0087	19,9908	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,6006	0,0147	24,4755	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	1,1648	0,0165	14,1655	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,546	0,0312	57,1429	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,615	0,0113	18,3740	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,6536	0,0119	18,2069	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,5913	0,0306	51,7504	Coesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5934	0,0119	20,0539	Adesiva
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,6952	0,0091	13,0898	Adesiva
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,705	0,0046	6,5248	Adesiva
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,728	0,0140	19,2308	Adesiva
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,8004	0,0110	13,7431	Adesiva
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,7482	0,0123	16,4395	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
24	Futurabond U	Self-etch	Húmida	Periférico	4	0,9555	0,0179	18,7336	Adesiva
24	Futurabond U	Self-etch	Húmida	Periférico	5	0,7553	0,0201	26,6119	Adesiva
24	Futurabond U	Self-etch	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	Self-etch	Húmida	Central	1	0,7931	0,0162	20,4262	Adesiva
25	Futurabond U	Self-etch	Húmida	Periférico	1	0,675	0,0073	10,8148	Mista
25	Futurabond U	Self-etch	Húmida	Periférico	2	0,776	0,0150	19,3299	Adesiva
25	Futurabond U	Self-etch	Húmida	Periférico	3	0,56	0,0089	15,8929	Adesiva
25	Futurabond U	Self-etch	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	Self-etch	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	Self-etch	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	Self-etch	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	Self-etch	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	Self-etch	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	Self-etch	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	Self-etch	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	Self-etch	Húmida					1,7619	Pré-teste
26	Futurabond U	Self-etch	Seca	Central	1	0,6786	0,0064	9,4312	Adesiva
26	Futurabond U	Self-etch	Seca	Central	2	0,6391	0,0024	3,7553	Adesiva
26	Futurabond U	Self-etch	Seca	Periférico	1	0,5467	0,0043	7,8654	Adesiva
26	Futurabond U	Self-etch	Seca	Periférico	2	0,837	0,0084	10,0358	Adesiva
26	Futurabond U	Self-etch	Seca	Periférico	3	0,6399	0,0043	6,7198	Adesiva
26	Futurabond U	Self-etch	Seca	Periférico	4	0,5402	0,0011	2,0363	Adesiva
26	Futurabond U	Self-etch	Seca					1,7619	Pré-teste
26	Futurabond U	Self-etch	Seca					1,7619	Pré-teste
26	Futurabond U	Self-etch	Seca					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,7308	0,0126	17,2414	Adesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,7812	0,0219	28,0338	Mista
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,66	0,0149	22,5758	Mista
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,5476	0,0280	51,1322	Adesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,6132	0,0205	33,4312	Adesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,52	0,0173	33,2692	Adesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,616	0,0162	26,2987	Adesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,574	0,0168	29,2683	Adesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,7052	0,0096	13,6132	Adesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,5183	0,0114	21,9950	Adesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,54	0,0305	56,4815	Adesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,7221	0,0110	15,2333	Adesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,8372	0,0117	13,9752	Adesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,6364	0,0156	24,5129	Adesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,5625	0,0183	32,5333	Coesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,5628	0,0189	33,5821	Adesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,5698	0,0083	14,5665	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,584	0,0161	27,5685	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,585	0,0179	30,5983	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,5472	0,0176	32,1637	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,608	0,0148	24,3421	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,552	0,0176	31,8841	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,7055	0,0127	18,0014	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,85	0,0215	25,2941	Mista
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,5913	0,0178	30,1032	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,7308	0,0171	23,3990	Adesiva
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,6364	0,0197	30,9554	Adesiva
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,672	0,0071	10,5655	Mista
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,5208	0,0077	14,7849	Adesiva
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,7426	0,0100	13,4662	Adesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,7566	0,0250	33,0426	Adesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,656	0,0266	40,5488	Adesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,6806	0,0259	38,0547	Adesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,5994	0,0259	43,2099	Adesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,7663	0,0332	43,3251	Adesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6525	0,0293	44,9042	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,5846	0,0207	35,4088	Coesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,7544	0,0272	36,0551	Adesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,4788	0,0205	42,8154	Mista
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,711	0,0153	21,5190	Mista
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,616	0,0280	45,4545	Mista
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,5538	0,0480	86,6739	Coesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	0,539	0,0486	90,1670	Coesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,648	0,0326	50,3086	Coesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,7623	0,0355	46,5696	Coesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6399	0,0247	38,5998	Mista
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,819	0,0327	39,9267	Mista
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,8245	0,0284	34,4451	Mista
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,99	0,0104	10,5051	Mista
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,57	0,0283	49,6491	Adesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,455	0,0236	51,8681	Mista
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,5544	0,0104	18,7590	Adesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,6083	0,0129	21,2066	Coesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6806	0,0162	23,8025	Mista
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,544	0,0173	31,8015	Adesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6006	0,0178	29,6370	Adesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,5183	0,0144	27,7831	Mista
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,5925	0,0182	30,7173	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,632	0,0253	40,0316	Adesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	7	0,688	0,0288	41,8605	Adesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,774	0,0228	29,4574	Adesiva
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,5832	0,0116	19,8903	Mista
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,64	0,0268	41,8750	Mista
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6942	0,0189	27,2256	Adesiva
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,5852	0,0282	48,1887	Adesiva
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,7221	0,0108	14,9564	Adesiva
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
35	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,6889	0,0067	9,7256	Adesiva
35	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,7476	0,0089	11,9048	Mista
35	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,5964	0,0101	16,9349	Adesiva
35	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6512	0,0110	16,8919	Adesiva
35	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,496	0,0172	34,6774	Adesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6396	0,0257	40,1814	Coesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,5698	0,0123	21,5865	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,779	0,0248	31,8357	Mista
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,5767	0,0184	31,9057	Mista
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,5624	0,0285	50,6757	Coesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,64	0,0108	16,8750	Mista
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,56	0,0279	49,8214	Coesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,6278	0,0291	46,3523	Mista
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6308	0,0188	29,8034	Mista
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,6059	0,0245	40,4357	Mista
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,782	0,0322	41,1765	Adesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6351	0,0207	32,5933	Mista
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,57	0,0363	63,6842	Adesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,6696	0,0280	41,8160	Coesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6072	0,0153	25,1976	Adesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,6806	0,0149	21,8924	Mista
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,8178	0,0128	15,6517	Adesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,5372	0,0180	33,5071	Coesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,7584	0,0078	10,2848	Adesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,696	0,0262	37,6437	Adesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	7	0,6004	0,0133	22,1519	Adesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5621	0,0383	68,1373	Mista
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,7007	0,0284	40,5309	Coesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,4958	0,0144	29,0440	Mista
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,504	0,0258	51,1905	Mista
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,5372	0,0293	54,5421	Adesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,5025	0,0124	24,6766	Adesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,552	0,0104	18,8406	Coesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,5751	0,0289	50,2521	Adesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,552	0,0187	33,8768	Adesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6468	0,0247	38,1880	Adesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6468	0,0194	29,9938	Mista
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,5964	0,0190	31,8578	Coesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,664	0,0160	24,0964	Mista
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,5328	0,0142	26,6517	Mista
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,656	0,0227	34,6037	Adesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,553	0,0210	37,9747	Mista
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,6438	0,0230	35,7254	Adesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6004	0,0237	39,4737	Mista
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6399	0,0209	32,6614	Mista
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6561	0,0275	41,9143	Mista
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,5304	0,0211	39,7813	Mista
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,5183	0,0381	73,5096	Mista
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,574	0,0227	39,5470	Mista
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,6075	0,0247	40,6584	Adesiva
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,581	0,0268	46,1274	Mista
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,6264	0,0190	30,3321	Mista
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,8352	0,0246	29,4540	Mista
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,616	0,0194	31,4935	Mista
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,7052	0,0288	40,8395	Mista
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	5	0,5776	0,0154	26,6620	Coesiva
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,8484	0,0149	17,5625	Adesiva
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6862	0,0127	18,5077	Mista
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6636	0,0228	34,3580	Mista
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	1,0912	0,0327	29,9670	Mista
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,697	0,0299	42,8981	Mista
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,6375	0,0261	40,9412	Coesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,6232	0,0172	27,5995	Adesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	5	0,989	0,0423	42,7705	Adesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,7462	0,0222	29,7507	Mista
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6068	0,0174	28,6750	Adesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,9296	0,0216	23,2358	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,9266	0,0364	39,2834	Mista
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,615	0,0266	43,2520	Coesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,7209	0,0192	26,6334	Mista
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,648	0,0090	13,8889	Coesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,7371	0,0228	30,9320	Mista
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,7565	0,0202	26,7019	Adesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,7812	0,0138	17,6651	Adesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,7728	0,0247	31,9617	Mista
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,624	0,0111	17,7885	Mista
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,8372	0,0253	30,2198	Adesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,6399	0,0129	20,1594	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,6557	0,0167	25,4690	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,7221	0,0260	36,0061	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,6438	0,0094	14,6008	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	5	0,6794	0,0191	28,1130	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,6004	0,0251	41,8055	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6004	0,0236	39,3071	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,7533	0,0278	36,9043	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,6156	0,0239	38,8239	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,6525	0,0138	21,1494	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,6764	0,0146	21,5849	Adesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,8924	0,0322	36,0825	Adesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,83	0,0124	14,9398	Adesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,5548	0,0195	35,1478	Adesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	1,1562	0,0179	15,4818	Mista
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,646	0,0267	41,3313	Mista
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,6106	0,0150	24,5660	Adesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	1,0707	0,0170	15,8775	Adesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	6	0,837	0,0168	20,0717	Coesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	7	0,6264	0,0199	31,7688	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,632	0,0064	10,1266	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,568	0,0062	10,9155	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,712	0,0155	21,7697	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,6888	0,0171	24,8258	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,7476	0,0060	8,0257	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,9711	0,0075	7,7232	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	1,0545	0,0348	33,0014	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,8256	0,0010	1,2112	Adesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,6075	0,0255	41,9753	Adesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,7728	0,0294	38,0435	Adesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,6075	0,0199	32,7572	Mista
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,784	0,0040	5,1020	Mista
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,7482	0,0206	27,5327	Mista
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,5402	0,0154	28,5080	Adesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	1,0176	0,0194	19,0645	Mista
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,632	0,0063	9,9684	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,7476	0,0086	11,5035	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,7308	0,0161	22,0307	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	1,023	0,0121	11,8280	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,7268	0,0149	20,5008	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,6318	0,0099	15,6695	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	1,152	0,0136	11,8056	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,9256	0,0107	11,5601	Adesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,82	0,0357	43,5366	Adesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,9114	0,0177	19,4207	Adesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,7968	0,0166	20,8333	Mista
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,7387	0,0175	23,6903	Adesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,721	0,0232	32,1775	Adesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,9328	0,0270	28,9451	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,8188	0,0266	32,4866	Adesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,83	0,0073	8,7952	Adesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,7956	0,0246	30,9201	Adesiva
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,5925	0,0297	50,1266	Coesiva
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,7098	0,0361	50,8594	Adesiva
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,7505	0,0052	6,9287	Adesiva
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,8645	0,0306	35,3962	Adesiva
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,581	0,0010	1,7212	Adesiva
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,6784	0,0173	25,5012	Mista
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,4543	0,0152	33,4581	Adesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,9494	0,0245	25,8058	Mista
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,7544	0,0158	20,9438	Adesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,7031	0,0095	13,5116	Mista
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6512	0,0111	17,0455	Coesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,7656	0,0329	42,9728	Coesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,8352	0,0043	5,1485	Mista
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,8925	0,0243	27,2269	Mista
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	7	0,7395	0,0293	39,6214	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,8277	0,0110	13,2898	Mista
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,816	0,0230	28,1863	Mista
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,7917	0,0290	36,6300	Adesiva
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,8084	0,0346	42,8006	Mista
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6885	0,0136	19,7531	Mista
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,9348	0,0187	20,0043	Adesiva
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,696	0,0252	36,2069	Coesiva
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,6942	0,0228	32,8436	Adesiva
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,7224	0,0118	16,3344	Mista
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,6059	0,0213	35,1543	Adesiva
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,7031	0,0286	40,6770	Mista
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6106	0,0336	55,0278	Adesiva
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6391	0,0111	17,3682	Mista
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,6474	0,0219	33,8276	Adesiva
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6952	0,0245	35,2417	Adesiva
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,6966	0,0258	37,0370	Adesiva
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,615	0,0318	51,7073	Coesiva
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,8004	0,0235	29,3603	Mista
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,705	0,0327	46,3830	Mista
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,7371	0,0360	48,8400	Mista
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,8742	0,0322	36,8337	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,8556	0,0198	23,1417	Mista
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,6612	0,0244	36,9026	Adesiva
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,7275	0,0219	30,1031	Mista
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,6474	0,0218	33,6732	Mista
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,76	0,0236	31,0526	Mista
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,7626	0,0277	36,3231	Mista
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,7298	0,0402	55,0836	Adesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,9207	0,0262	28,4566	Mista
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	1,0573	0,0554	52,3976	Adesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	6	0,7812	0,0446	57,0917	Adesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,672	0,0316	47,0238	Coesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	1,1009	0,0195	17,7128	Mista
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6888	0,0306	44,4251	Mista
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,595	0,0293	49,2437	Mista
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6399	0,0114	17,8153	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,684	0,0153	22,3684	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,6675	0,0242	36,2547	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,624	0,0206	33,0128	Mista
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6438	0,0175	27,1824	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,765	0,0220	28,7582	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,6461	0,0052	8,0483	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6888	0,0183	26,5679	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5846	0,0100	17,1057	Adesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,684	0,0159	23,2456	Mista
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,6225	0,0246	39,5181	Mista
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,7347	0,0168	22,8665	Mista
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,6308	0,0236	37,4128	Adesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	6	0,6536	0,0268	41,0037	Adesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	7	0,6156	0,0288	46,7836	Adesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,7347	0,0210	28,5831	Adesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,6468	0,0209	32,3129	Adesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,8184	0,0272	33,2356	Mista
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,5852	0,0319	54,5113	Mista
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,6474	0,0286	44,1767	Coesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,728	0,0156	21,4286	Adesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	7	0,736	0,0310	42,1196	Adesiva
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,7896	0,0231	29,2553	Adesiva
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,91	0,0376	41,3187	Mista
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,7134	0,0301	42,1923	Coesiva
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,6308	0,0232	36,7787	Adesiva
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,747	0,0208	27,8447	Adesiva
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,711	0,0222	31,2236	Adesiva
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,648	0,0213	32,8704	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,7209	0,0206	28,5754	Coesiva
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,7644	0,0355	46,4417	Mista
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,8918	0,0318	35,6582	Adesiva
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	1,0836	0,0154	14,2119	Mista
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,6776	0,0266	39,2562	Mista
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6885	0,0355	51,5614	Mista
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,9576	0,0259	27,0468	Mista
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,7221	0,0154	21,3267	Coesiva
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	1,4637	0,0231	15,7819	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,7979	0,0266	33,3375	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	1,143	0,0237	20,7349	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,7396	0,0270	36,5062	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,7743	0,0252	32,5455	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,7047	0,0163	23,1304	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,8383	0,0277	33,0431	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,8944	0,0321	35,8900	Coesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,609	0,0213	34,9754	Coesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,6237	0,0183	29,3410	Adesiva
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,7007	0,0201	28,6856	Mista
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,632	0,0220	34,8101	Adesiva
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,6162	0,0226	36,6764	Coesiva
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,5135	0,0195	37,9747	Mista
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,8463	0,0207	24,4594	Mista
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,774	0,0071	9,1731	Adesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,6336	0,0112	17,6768	Mista
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,7857	0,0203	25,8368	Adesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,6318	0,0197	31,1808	Mista
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,8352	0,0286	34,2433	Coesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6084	0,0213	35,0099	Mista
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,6545	0,0032	4,8892	Adesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,74	0,0123	16,6216	Adesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,5852	0,0166	28,3664	Mista
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,6156	0,0113	18,3561	Mista
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,5846	0,0139	23,7769	Adesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6162	0,0135	21,9085	Adesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,5928	0,0354	59,7166	Coesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,544	0,0153	28,1250	Adesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,7052	0,0151	21,4124	Mista
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,6525	0,0203	31,1111	Mista
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,729	0,0251	34,4307	Mista
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,54	0,0183	33,8889	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,6708	0,0105	15,6530	Adesiva
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,5624	0,0149	26,4936	Mista
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,781	0,0092	11,7798	Adesiva
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,54	0,0030	5,5556	Adesiva
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,544	0,0052	9,5588	Adesiva
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,6399	0,0149	23,2849	Adesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,5475	0,0141	25,7534	Adesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,5776	0,0201	34,7992	Adesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,4608	0,0152	32,9861	Mista
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,481	0,0022	4,5738	Adesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6642	0,0096	14,4535	Adesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,5688	0,0205	36,0408	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,6438	0,0104	16,1541	Mista
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,6723	0,0181	26,9225	Adesiva
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,5025	0,0030	5,9701	Adesiva
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,5852	0,0141	24,0943	Adesiva
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,6478	0,0035	5,4029	Adesiva
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,7315	0,0084	11,4833	Adesiva
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,7068	0,0263	37,2100	Adesiva
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,522	0,0089	17,0498	Mista
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,552	0,0078	14,1304	Adesiva
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,663	0,0138	20,8145	Coesiva
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,711	0,0272	38,2560	Coesiva
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,7644	0,0212	27,7342	Coesiva
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,7392	0,0120	16,2338	Coesiva
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,6889	0,0162	23,5157	Adesiva
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,744	0,0287	38,5753	Mista
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,624	0,0255	40,8654	Mista
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	1,0282	0,0182	17,7008	Adesiva
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	0,6162	0,0165	26,7770	Mista
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	7	0,656	0,0157	23,9329	Coesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,5976	0,0269	45,0134	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,324	0,0241	74,3827	Mista
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,5772	0,0286	49,5495	Mista
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,5616	0,0183	32,5855	Mista
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,85	0,0242	28,4706	Coesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,6006	0,0248	41,2920	Adesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,5037	0,0301	59,7578	Adesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,6348	0,0328	51,6698	Coesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	0,5767	0,0116	20,1144	Mista
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,5476	0,0024	4,3828	Adesiva
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,6966	0,0199	28,5673	Adesiva
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,624	0,0187	29,9679	Adesiva
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,6225	0,0292	46,9076	Mista
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,6083	0,0256	42,0845	Mista
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,7462	0,0206	27,6065	Mista
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,5775	0,0191	33,0736	Mista
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,511	0,0173	33,8552	Coesiva
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	0,4899	0,0242	49,3978	Mista
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,6	0,0320	53,3333	Adesiva
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,664	0,0178	26,8072	Adesiva
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,6636	0,0241	36,3171	Adesiva
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,656	0,0166	25,3049	Adesiva
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,75	0,0209	27,8667	Mista
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
71	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,5589	0,0104	18,6080	Adesiva
71	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6497	0,0181	27,8590	Adesiva
71	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,5548	0,0165	29,7404	Adesiva
71	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,7519	0,0148	19,6835	Adesiva
71	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,9672	0,0198	20,4715	Mista
71	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
71	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
71	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
72	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,7812	0,0207	26,4977	Adesiva
72	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6241	0,0150	24,0346	Mista
72	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6853	0,0130	18,9698	Adesiva
72	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,6384	0,0159	24,9060	Adesiva
72	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,972	0,0128	13,1687	Adesiva
72	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,663	0,0216	32,5792	Adesiva
72	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6162	0,0196	31,8079	Mista
72	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,6399	0,0269	42,0378	Coesiva
73	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,637	0,0217	34,0659	Adesiva
73	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,7719	0,0115	14,8983	Adesiva
73	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6059	0,0268	44,2317	Coesiva
73	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,79	0,0125	15,8228	Adesiva
73	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	0,5329	0,0233	43,7230	Adesiva
73	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,5544	0,0295	53,2107	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
73	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,5796	0,0184	31,7460	Mista
73	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6525	0,0185	28,3525	Adesiva
73	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
74	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,364	0,0115	31,5934	Adesiva
74	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,56	0,0162	28,9286	Adesiva
74	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6308	0,0183	29,0108	Mista
74	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6351	0,0240	37,7893	Adesiva
74	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,5762	0,0201	34,8837	Mista
74	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,561	0,0255	45,4545	Adesiva
74	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
74	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
75	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,5467	0,0394	72,0688	Mista
75	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,4958	0,0211	42,5575	Mista
75	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,5032	0,0268	53,2591	Adesiva
75	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,5832	0,0133	22,8052	Mista
75	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,5265	0,0059	11,2061	Adesiva
75	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,57	0,0138	24,2105	Adesiva
75	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,6004	0,0319	53,1312	Mista
75	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
76	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6557	0,0241	36,7546	Adesiva
76	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,688	0,0243	35,3198	Mista
76	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,585	0,0230	39,3162	Mista
76	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,4964	0,0240	48,3481	Adesiva
76	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6806	0,0304	44,6665	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
76	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,5688	0,0137	24,0858	Mista
76	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,5865	0,0292	49,7869	Coesiva
76	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,5508	0,0146	26,5069	Adesiva
76	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
77	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5475	0,0169	30,8676	Adesiva
77	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6059	0,0093	15,3491	Adesiva
77	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,497	0,0183	36,8209	Mista
77	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,6048	0,0241	39,8479	Mista
77	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,6468	0,0260	40,1979	Mista
77	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,5561	0,0225	40,4603	Mista
77	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,6474	0,0325	50,2008	Coesiva
77	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,5538	0,0132	23,8353	Adesiva
77	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,696	0,0104	14,9425	Adesiva
77	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,5694	0,0068	11,9424	Adesiva
77	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,78	0,0199	25,5128	Adesiva
77	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
77	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
77	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
77	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
78	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,69	0,0250	36,2319	Mista
78	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6532	0,0261	39,9571	Mista
78	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	1,26	0,0389	30,8730	Coesiva
78	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,7308	0,0244	33,3881	Adesiva
78	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,7917	0,0250	31,5776	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
78	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
78	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
79	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5328	0,0182	34,1592	Adesiva
79	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,693	0,0198	28,5714	Adesiva
79	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,5548	0,0197	35,5083	Adesiva
79	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,5092	0,0170	33,3857	Adesiva
79	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,6642	0,0172	25,8958	Mista
79	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,72	0,0224	31,1111	Adesiva
79	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,5976	0,0201	33,6345	Coesiva
79	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,6	0,0154	25,6667	Adesiva
79	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,5994	0,0153	25,5255	Mista
80	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5929	0,0215	36,2624	Mista
80	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6675	0,0257	38,5019	Adesiva
80	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,5775	0,0204	35,3247	Adesiva
80	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6006	0,0340	56,6101	Coesiva
80	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,6992	0,0121	17,3055	Adesiva
80	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,6068	0,0118	19,4463	Mista
80	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6237	0,0133	21,3244	Adesiva
80	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
80	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
80	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
80	Optibond SOLO Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste

Valores de cada observação realizada (palito), de acordo com o dente de origem, o adesivo utilizado, estratégia de adesão, condição de humidade de dentina, a posição relativa (do palito) na dentina, em termos de área de secção do respetivo espécime, valor de força e respetiva tensão mínima para a ocorrência de falha e o tipo de falha ocorrida.

Tabela II - Tabela de saída do teste de resistência adesiva dos espécimes processados aos 6 meses.

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,52	0,01830	35,1923	Coesiva
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,6068	0,00660	10,8767	Mista
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,6225	0,02190	35,1807	Coesiva
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,66	0,01850	28,0303	Coesiva
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,5916	0,01590	26,8763	Mista
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,663	0,01520	22,9261	Coesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,6004	0,02500	41,6389	Mista
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,5994	0,01930	32,1989	Mista
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,816	0,02150	26,3480	Adesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6004	0,00880	14,6569	Coesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,4958	0,02390	48,2049	Coesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,6059	0,01760	29,0477	Adesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,8256	0,01450	17,5630	Adesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,7395	0,00020	0,2705	Adesiva
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,6474	0,01970	30,4294	Mista
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,612	0,02470	40,3595	Mista
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,697	0,02020	28,9813	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6642	0,02860	43,0593	Coesiva
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6804	0,01840	27,0429	Coesiva
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,648	0,02390	36,8827	Mista
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,6636	0,01260	18,9873	Coesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,6399	0,00920	14,3772	Mista
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,8096	0,02650	32,7322	Mista
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,7031	0,02270	32,2856	Adesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,7055	0,02150	30,4748	Adesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6557	0,02760	42,0924	Coesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6888	0,00670	9,7271	Mista
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,6972	0,02630	37,7223	Coesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,6241	0,00020	0,3205	Adesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	6	0,6474	0,01270	19,6169	Adesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5929	0,01960	33,0579	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,7569	0,00570	7,5307	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,6216	0,00940	15,1223	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,7138	0,00030	0,4203	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,585	0,00860	14,7009	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6612	0,00960	14,5191	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,7254	0,04070	56,1070	Coesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,6314	0,04480	70,9534	Coesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,5402	0,01830	33,8763	Mista
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,568	0,00760	13,3803	Coesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,5751	0,00640	11,1285	Coesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,6438	0,02950	45,8217	Mista
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,5913	0,01540	26,0443	Adesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,6764	0,02730	40,3607	Coesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,6545	0,01230	18,7930	Adesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,576	0,01390	24,1319	Coesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,6794	0,02190	32,2343	Mista
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,6825	0,02100	30,7692	Adesiva
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,6806	0,02550	37,4669	Coesiva
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,629	0,01600	25,4372	Mista
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,6351	0,02310	36,3722	Coesiva
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,6424	0,01350	21,0149	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,585	0,01390	23,7607	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,5236	0,01720	32,8495	Mista
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,702	0,01790	25,4986	Coesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,5396	0,00850	15,7524	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,5896	0,01410	23,9145	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,5175	0,00690	13,3333	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,5226	0,00060	1,1481	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,9212	0,01940	21,0595	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	0,568	0,01080	19,0141	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,555	0,01960	35,3153	Adesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,6557	0,01570	23,9439	Adesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,6972	0,01680	24,0964	Adesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,697	0,00910	13,0560	Adesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	5	0,8554	0,01590	18,5878	Adesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,738	0,01430	19,3767	Adesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,5475	0,01140	20,8219	Mista
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,5624	0,03020	53,6984	Coesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,568	0,01830	32,2183	Coesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,6825	0,01810	26,5201	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	0,6699	0,00990	14,7783	Adesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	7	0,89	0,01170	13,1461	Mista
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,6004	0,01780	29,6469	Coesiva
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,6075	0,02200	36,2140	Adesiva
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,581	0,01390	23,9243	Coesiva
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,5688	0,01190	20,9212	Coesiva
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,672	0,02380	35,4167	Coesiva
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,539	0,02120	39,3321	Mista
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6723	0,02240	33,3185	Mista
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6699	0,02540	37,9161	Mista
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,648	0,01860	28,7037	Coesiva
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	0,5772	0,02020	34,9965	Adesiva
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,7055	0,01940	27,4982	Coesiva
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,5928	0,02580	43,5223	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,714	0,02020	28,2913	Coesiva
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,5852	0,02100	35,8852	Mista
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,6557	0,01360	20,7412	Mista
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,6972	0,02010	28,8296	Coesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,7584	0,01900	25,0527	Adesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,5822	0,02320	39,8488	Adesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6806	0,02310	33,9406	Adesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,729	0,01180	16,1866	Coesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,6806	0,02150	31,5898	Adesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,8137	0,01450	17,8198	Mista
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,6006	0,02650	44,1225	Coesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,6888	0,02000	29,0360	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,6084	0,01330	21,8606	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,4896	0,00630	12,8676	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6468	0,01360	21,0266	Adesiva
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,6972	0,01610	23,0924	Adesiva
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	0,6723	0,01210	17,9979	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,5776	0,02120	36,7036	Coesiva
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,1763	0,01730	98,1282	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6364	0,01030	16,1848	Adesiva
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,553	0,01150	20,7957	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,6399	0,01210	18,9092	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,5698	0,00940	16,4970	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,5928	0,01170	19,7368	Adesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,664	0,02590	39,0060	Coesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,632	0,02060	32,5949	Adesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,5994	0,00890	14,8482	Coesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,5846	0,02340	40,0274	Coesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6083	0,02510	41,2625	Coesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,44	0,01440	32,7273	Adesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,608	0,01610	26,4803	Adesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,6384	0,03570	55,9211	Coesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	7	0,6885	0,01460	21,2055	Coesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,5544	0,01990	35,8947	Mista
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,5451	0,02360	43,2948	Mista
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,5621	0,01920	34,1576	Coesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,5244	0,02340	44,6224	Adesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	0,462	0,01760	38,0952	Coesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	6	0,864	0,01920	22,2222	Adesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,57	0,02350	41,2281	Coesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,5451	0,01690	31,0035	Mista
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,532	0,01830	34,3985	Coesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,57	0,02270	39,8246	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,5402	0,02140	39,6150	Mista
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,555	0,02230	40,1802	Mista
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6048	0,01720	28,4392	Coesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,4416	0,01670	37,8170	Adesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,6552	0,02250	34,3407	Coesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,6237	0,01030	16,5143	Coesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,5929	0,02760	46,5509	Coesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	6	0,696	0,00880	12,6437	Adesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,504	0,01760	34,9206	Coesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,4692	0,02640	56,2660	Mista
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,57	0,00500	8,7719	Adesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6059	0,02020	33,3388	Adesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,6873	0,00820	11,9307	Adesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,6048	0,01700	28,1085	Mista
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,765	0,02020	26,4052	Mista
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6734	0,02320	34,4520	Coesiva
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,735	0,01850	25,1701	Mista
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,5688	0,01900	33,4037	Coesiva
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6536	0,02120	32,4357	Mista
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,75	0,01870	24,9333	Coesiva
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,6375	0,02010	31,5294	Adesiva
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6375	0,01620	25,4118	Coesiva
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,6375	0,05500	86,2745	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,6048	0,02170	35,8796	Adesiva
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5986	0,00950	15,8704	Adesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,5032	0,00950	18,8792	Coesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,5002	0,01670	33,3866	Adesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,6225	0,01370	22,0080	Adesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,8091	0,02510	31,0221	Adesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,5698	0,01750	30,7125	Coesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,6952	0,01660	23,8780	Adesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,5112	0,01310	25,6260	Mista
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,4941	0,02190	44,3230	Adesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,64	0,02070	32,3438	Mista
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,675	0,01780	26,3704	Adesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	7	0,5106	0,00980	19,1931	Coesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5994	0,01790	29,8632	Mista
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,7568	0,01790	23,6522	Adesiva
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,6696	0,03660	54,6595	Mista
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,7392	0,01720	23,2684	Mista
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,7553	0,01680	22,2428	Adesiva
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,9086	0,02320	25,5338	Adesiva
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,7931	0,01130	14,2479	Mista
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6004	0,02340	38,9740	Mista
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,779	0,02110	27,0860	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6776	0,02990	44,1263	Coesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6636	0,01220	18,3846	Coesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,5846	0,02440	41,7379	Adesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,855	0,02480	29,0058	Adesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,5396	0,01560	28,9103	Coesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,511	0,02320	45,4012	Mista
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,632	0,01230	19,4620	Coesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,468	0,00860	18,3761	Mista
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6536	0,02000	30,5998	Adesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,792	0,02240	28,2828	Coesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,495	0,00870	17,5758	Coesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	7	0,6478	0,02070	31,9543	Adesiva
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,7395	0,00030	0,4057	Adesiva
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,6156	0,00030	0,4873	Adesiva
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6399	0,00490	7,6574	Adesiva
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,624	0,00960	15,3846	Adesiva
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,6314	0,00730	11,5616	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,704	0,00800	11,3636	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,6952	0,00110	1,5823	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,656	0,00370	5,6402	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,5467	0,00580	10,6091	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,624	0,01650	26,4423	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,6205	0,00950	15,3102	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5846	0,01280	21,8953	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,6308	0,02920	46,2904	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,6237	0,00480	7,6960	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,6006	0,01080	17,9820	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6816	0,00500	7,3357	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,63	0,00890	14,1270	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	1,0062	0,01170	11,6279	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,6237	0,01050	16,8350	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,57	0,01180	20,7018	Adesiva
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,6786	0,00880	12,9679	Adesiva
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,6	0,01100	18,3333	Adesiva
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,5382	0,01470	27,3133	Adesiva
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,5494	0,01280	23,2981	Coesiva
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,5822	0,02250	38,6465	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,798	0,01680	21,0526	Adesiva
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,536	0,00020	0,3731	Coesiva
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5621	0,00870	15,4777	Adesiva
25	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,6162	0,00650	10,5485	Adesiva
25	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6885	0,00020	0,2905	Coesiva
25	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6068	0,01280	21,0943	Adesiva
25	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
25	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
26	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,7568	0,00670	8,8531	Adesiva
26	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,6237	0,01140	18,2780	Adesiva
26	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,8742	0,00020	0,2288	Adesiva
26	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,68	0,00030	0,4412	Adesiva
26	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,6734	0,00370	5,4945	Adesiva
26	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,7644	0,01160	15,1753	Adesiva
26	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
26	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
26	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,6384	0,01250	19,5802	Adesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,6006	0,01020	16,9830	Adesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,57	0,01190	20,8772	Adesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,5698	0,02680	47,0340	Coesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,7104	0,01170	16,4696	Coesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,7392	0,01510	20,4275	Adesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,6561	0,00970	14,7843	Adesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,581	0,02190	37,6936	Adesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,5822	0,01110	19,0656	Adesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,5624	0,01050	18,6700	Adesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,696	0,01850	26,5805	Coesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,632	0,00360	5,6962	Mista
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,57	0,02190	38,4211	Adesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,5904	0,00790	13,3808	Coesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,5925	0,02710	45,7384	Coesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,7047	0,03120	44,2742	Coesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,5396	0,00710	13,1579	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,6192	0,01700	27,4548	Mista
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,6723	0,00410	6,0985	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,7968	0,00480	6,0241	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,663	0,00120	1,8100	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,612	0,00890	14,5425	Coesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,731	0,00850	11,6279	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,6068	0,01990	32,7950	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,632	0,00040	0,6329	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,6992	0,02050	29,3192	Adesiva
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,6885	0,01000	14,5243	Mista
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,6688	0,02020	30,2033	Adesiva
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,8463	0,01730	20,4419	Adesiva
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,6642	0,02850	42,9088	Coesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6723	0,03800	56,5224	Coesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,68	0,02800	41,1765	Adesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,7098	0,03350	47,1964	Coesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,8526	0,01730	20,2909	Adesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,5694	0,03170	55,6726	Coesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6004	0,01590	26,4823	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,6636	0,01640	24,7137	Coesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,6688	0,02450	36,6328	Mista
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,5254	0,01950	37,1146	Mista
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,5112	0,02160	42,2535	Adesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,568	0,02520	44,3662	Mista
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,656	0,01730	26,3720	Mista
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	0,7052	0,01970	27,9353	Mista
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,7742	0,02000	25,8331	Coesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,6232	0,01290	20,6996	Coesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,512	0,01200	23,4375	Coesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,7452	0,00600	8,0515	Mista
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,8118	0,01600	19,7093	Adesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,66	0,01880	28,4848	Adesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,6059	0,02350	38,7853	Mista
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6966	0,02230	32,0126	Mista
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6724	0,03460	51,4575	Coesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,5041	0,03250	64,4713	Coesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,697	0,01210	17,3601	Coesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,744	0,02110	28,3602	Adesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,768	0,01880	24,4792	Adesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,711	0,02190	30,8017	Mista
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,5112	0,01700	33,2551	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,5916	0,01870	31,6092	Adesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	7	0,5963	0,02110	35,3849	Adesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,6474	0,01370	21,1616	Mista
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,63	0,01000	15,8730	Coesiva
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6723	0,00190	2,8261	Adesiva
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6083	0,00450	7,3977	Adesiva
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,68	0,01870	27,5000	Adesiva
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,7546	0,01250	16,5651	Adesiva
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
35	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,5832	0,01380	23,6626	Adesiva
35	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6804	0,00440	6,4668	Adesiva
35	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,4672	0,00700	14,9829	Adesiva
35	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,5544	0,02120	38,2395	Adesiva
35	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,568	0,01730	30,4577	Adesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5846	0,02490	42,5932	Coesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,576	0,00990	17,1875	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,5184	0,01020	19,6759	Adesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,6	0,01890	31,5000	Coesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,6	0,00900	15,0000	Coesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,584	0,01620	27,7397	Coesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,663	0,01000	15,0830	Adesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,6545	0,02390	36,5164	Coesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6552	0,01960	29,9145	Mista
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,5925	0,03470	58,5654	Mista
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,8091	0,01120	13,8425	Coesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,592	0,01710	28,8851	Mista
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,4512	0,00940	20,8333	Mista
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,3871	0,01180	30,4831	Coesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,525	0,03250	61,9048	Coesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,7238	0,01900	26,2503	Adesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,6237	0,01770	28,3790	Mista
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,6512	0,03070	47,1437	Mista
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,7031	0,01180	16,7828	Adesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,4636	0,00840	18,1191	Adesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,495	0,01410	28,4848	Adesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	7	0,3572	0,01420	39,7536	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5544	0,01430	25,7937	Mista
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6075	0,02120	34,8971	Coesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,6232	0,02900	46,5340	Adesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,68	0,01630	23,9706	Coesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,5451	0,01290	23,6654	Coesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,819	0,00292	3,5653	Adesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,624	0,02420	38,7821	Coesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,5175	0,03240	62,6087	Mista
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,56	0,02610	46,6071	Mista
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5852	0,02440	41,6951	Coesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6734	0,01870	27,7695	Mista
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,5698	0,01390	24,3945	Coesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,629	0,02140	34,0223	Mista
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,6004	0,02200	36,6422	Coesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	6	0,5226	0,02090	39,9923	Mista
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,7695	0,02540	33,0084	Adesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,536	0,01900	35,4478	Coesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,5964	0,01320	22,1328	Mista
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,5402	0,00570	10,5516	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,8352	0,02240	26,8199	Mista
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,544	0,01030	18,9338	Coesiva
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,4899	0,01250	25,5154	Coesiva
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,6004	0,01730	28,8141	Mista
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6375	0,04370	68,5490	Adesiva
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,553	0,01190	21,5190	Coesiva
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,5874	0,03570	60,7763	Coesiva
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,616	0,02520	40,9091	Adesiva
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,6715	0,03400	50,6329	Coesiva
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,456	0,01830	40,1316	Mista
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,6864	0,03400	49,5338	Coesiva
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	5	0,6035	0,01640	27,1748	Coesiva
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,6864	0,00020	0,2914	Adesiva
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,672	0,01430	21,2798	Adesiva
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,756	0,02340	30,9524	Coesiva
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,7885	0,02080	26,3792	Mista
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,8468	0,01090	12,8720	Adesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,9676	0,00820	8,4746	Adesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,6636	0,02790	42,0434	Coesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	5	0,6966	0,02700	38,7597	Coesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	1,1088	0,01290	11,6342	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,697	0,02090	29,9857	Adesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,688	0,01430	20,7849	Mista
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,768	0,02190	28,5156	Mista
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,6966	0,02260	32,4433	Coesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,6888	0,02970	43,1185	Adesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,697	0,01460	20,9469	Adesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,6232	0,02350	37,7086	Adesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,672	0,01610	23,9583	Adesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,7031	0,02610	37,1213	Coesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6825	0,02520	36,9231	Adesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6478	0,03020	46,6193	Coesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,776	0,03560	45,8763	Adesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,8556	0,01180	13,7915	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,8428	0,02160	25,6289	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,5775	0,00020	0,3463	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,6804	0,01120	16,4609	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	5	0,6474	0,00030	0,4634	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,68	0,00020	0,2941	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,5928	0,00030	0,5061	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,5609	0,01820	32,4479	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,7308	0,00840	11,4943	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,6177	0,01350	21,8553	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,8184	0,02210	27,0039	Adesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,7735	0,02810	36,3284	Coesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,722	0,03170	43,9058	Adesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,8778	0,01380	15,7211	Coesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,448	0,00900	20,0893	Adesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,9047	0,03000	33,1602	Mista
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,616	0,02250	36,5260	Adesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,5313	0,01220	22,9625	Coesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	6	0,6561	0,02360	35,9701	Adesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	7	1,2616	0,02300	18,2308	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,7047	0,02100	29,7999	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,63	0,00020	0,3175	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,6966	0,01690	24,2607	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,672	0,02340	34,8214	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,7446	0,00170	2,2831	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,9605	0,00570	5,9344	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,5694	0,01800	31,6122	Adesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,68	0,00590	8,6765	Adesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,672	0,00970	14,4345	Adesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,924	0,01510	16,3420	Mista
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,6952	0,03150	45,3107	Adesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,7371	0,02100	28,4900	Coesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,7031	0,03150	44,8016	Coesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,7854	0,01960	24,9554	Adesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	0,7505	0,01980	26,3824	Adesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,6384	0,02380	37,2807	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,8352	0,01050	12,5718	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,7857	0,02480	31,5642	Coesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,8051	0,00780	9,6882	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,7452	0,01250	16,7740	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,7857	0,01140	14,5094	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,574	0,00350	6,0976	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,9506	0,02270	23,8797	Adesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,7744	0,02330	30,0878	Adesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,5775	0,00990	17,1429	Coesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,6399	0,01600	25,0039	Adesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,7584	0,01700	22,4156	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,6006	0,01980	32,9670	Adesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,8352	0,03320	39,7510	Coesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,8613	0,01990	23,1046	Mista
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,7533	0,01890	25,0896	Adesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,7812	0,01990	25,4736	Adesiva
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,648	0,02170	33,4877	Coesiva
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,6232	0,01980	31,7715	Coesiva
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,567	0,02990	52,7337	Adesiva
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,664	0,02770	41,7169	Coesiva
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,52	0,00280	5,3846	Coesiva
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,663	0,02260	34,0875	Adesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,645	0,01710	26,5116	Adesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,903	0,01430	15,8361	Mista
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,684	0,02610	38,1579	Coesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,6723	0,02080	30,9386	Coesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6636	0,02440	36,7691	Coesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,711	0,02550	35,8650	Coesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,4686	0,00770	16,4319	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,684	0,00800	11,6959	Adesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	7	0,7425	0,00860	11,5825	Adesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,8064	0,01410	17,4851	Coesiva
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6004	0,02670	44,4704	Mista
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6786	0,01540	22,6938	Adesiva
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,68	0,02830	41,6176	Coesiva
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6723	0,01720	25,5838	Adesiva
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,6478	0,01550	23,9271	Mista
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6715	0,02270	33,8049	Adesiva
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,7392	0,01980	26,7857	Adesiva
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,6794	0,01580	23,2558	Coesiva
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,6375	0,02850	44,7059	Mista
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6715	0,02800	41,6977	Adesiva
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6083	0,02570	42,2489	Coesiva
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6205	0,00950	15,3102	Mista
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,8772	0,01450	16,5299	Mista
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,8208	0,02280	27,7778	Mista
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,7052	0,01800	25,5247	Mista
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,5451	0,00440	8,0719	Adesiva
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,7568	0,02960	39,1121	Mista
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,7482	0,03140	41,9674	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6636	0,00560	8,4388	Coesiva
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,7744	0,00810	10,4597	Adesiva
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,57	0,02320	40,7018	Adesiva
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,712	0,03050	42,8371	Adesiva
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,5832	0,02240	38,4088	Coesiva
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,7224	0,02580	35,7143	Mista
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,6314	0,01510	23,9151	Mista
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	1,1655	0,03630	31,1454	Coesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6888	0,01870	27,1487	Mista
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,656	0,02930	44,6646	Mista
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,8134	0,03020	37,1281	Coesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	0,88	0,03140	35,6818	Adesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	6	0,5472	0,00020	0,3655	Adesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6724	0,02220	33,0161	Coesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,56	0,00030	0,5357	Coesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6068	0,02130	35,1022	Coesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,6075	0,01320	21,7284	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,7296	0,01950	26,7270	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,656	0,00680	10,3659	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,648	0,00850	13,1173	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,6804	0,01740	25,5732	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6804	0,02650	38,9477	Coesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,7047	0,01360	19,2990	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,6048	0,02300	38,0291	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,731	0,01670	22,8454	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6364	0,01920	30,1697	Coesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6	0,01280	21,3333	Mista
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,6952	0,01530	22,0081	Adesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,5913	0,02990	50,5665	Coesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,615	0,01380	22,4390	Adesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	6	0,6642	0,02220	33,4237	Adesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	7	0,6873	0,01260	18,3326	Coesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6642	0,02190	32,9720	Adesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,6636	0,02850	42,9476	Coesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,8099	0,01720	21,2372	Adesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6162	0,01800	29,2113	Coesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,632	0,01070	16,9304	Adesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,7216	0,02110	29,2406	Coesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	7	0,722	0,02380	32,9640	Adesiva
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5246	0,01010	19,2528	Adesiva
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,8924	0,00960	10,7575	Coesiva
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,8989	0,01110	12,3484	Mista
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,496	0,00350	7,0565	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,688	0,01580	22,9651	Mista
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,6715	0,02740	40,8042	Coesiva
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,7656	0,01520	19,8537	Coesiva
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6557	0,02210	33,7044	Adesiva
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6794	0,02850	41,9488	Coesiva
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6399	0,02320	36,2557	Mista
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,8775	0,02650	30,1994	Adesiva
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,792	0,03270	41,2879	Coesiva
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,9075	0,03150	34,7107	Adesiva
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,904	0,02670	29,5354	Coesiva
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,6642	0,00400	6,0223	Coesiva
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,5852	0,02650	45,2837	Adesiva
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,6806	0,02390	35,1161	Mista
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6806	0,01970	28,9450	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,9176	0,01480	16,1290	Coesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,5986	0,01850	30,9054	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,8892	0,01940	21,8174	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,7446	0,01730	23,2340	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,7373	0,01910	25,9053	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,5372	0,02530	47,0961	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,8058	0,00820	10,1762	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,4828	0,01220	25,2693	Adesiva
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,711	0,00780	10,9705	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,7308	0,02120	29,0093	Coesiva
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,5986	0,01260	21,0491	Adesiva
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6006	0,02060	34,2990	Coesiva
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6972	0,00880	12,6219	Adesiva
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,7708	0,03290	42,6829	Coesiva
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,7055	0,01000	14,1743	Mista
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,7128	0,03010	42,2278	Adesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,632	0,02160	34,1772	Coesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,7654	0,00670	8,7536	Adesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,5986	0,02020	33,7454	Adesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,7224	0,02250	31,1462	Adesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6478	0,00750	11,5776	Adesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6804	0,00030	0,4409	Adesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,6693	0,01640	24,5032	Adesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5628	0,00730	12,9709	Adesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,6399	0,01230	19,2218	Adesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,646	0,00250	3,8700	Coesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,6723	0,02680	39,8632	Coesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6438	0,00800	12,4262	Coesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,616	0,01340	21,7532	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,6552	0,00940	14,3468	Adesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,6132	0,01980	32,2896	Adesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,7905	0,01180	14,9273	Coesiva
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,7743	0,02380	30,7374	Coesiva
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,765	0,01050	13,7255	Mista
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,817	0,01190	14,5655	Mista
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,6364	0,00060	0,9428	Adesiva
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,9379	0,01540	16,4197	Adesiva
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,7395	0,00340	4,5977	Adesiva
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,5624	0,00900	16,0028	Mista
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5986	0,02620	43,7688	Adesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,612	0,01360	22,2222	Coesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,6399	0,01650	25,7853	Coesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,5767	0,02500	43,3501	Adesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6557	0,00530	8,0830	Coesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,5934	0,01800	30,3337	Mista
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,7826	0,00940	12,0112	Adesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,5175	0,00830	16,0386	Adesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,5852	0,01090	18,6261	Mista
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,5022	0,01520	30,2668	Adesiva
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,6885	0,01920	27,8867	Coesiva
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,612	0,01420	23,2026	Adesiva
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,6715	0,01660	24,7208	Coesiva
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,6873	0,01950	28,3719	Mista
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,648	0,01000	15,4321	Adesiva
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,7098	0,01430	20,1465	Adesiva
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,6232	0,01860	29,8460	Adesiva
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,6557	0,02420	36,9071	Adesiva
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,632	0,01560	24,6835	Mista
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,728	0,00030	0,4121	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,7055	0,00810	11,4812	Mista
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,5913	0,01780	30,1032	Mista
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,7776	0,02000	25,7202	Coesiva
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,629	0,01830	29,0938	Mista
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	0,6956	0,01810	26,0207	Mista
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	7	0,7216	0,01830	25,3603	Adesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,663	0,03230	48,7179	Adesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,497	0,02400	48,2897	Mista
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,6237	0,02410	38,6404	Coesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,624	0,01210	19,3910	Coesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,615	0,01560	25,3659	Mista
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,6636	0,02320	34,9608	Adesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,584	0,02550	43,6644	Coesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,5994	0,02670	44,5445	Adesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	0,525	0,03190	60,7619	Coesiva
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,63	0,01530	24,2857	Adesiva
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,525	0,01710	32,5714	Mista
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,63	0,01710	27,1429	Coesiva
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,632	0,02630	41,6139	Mista
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,728	0,02580	35,4396	Adesiva
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,6364	0,01190	18,6989	Adesiva
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,54	0,01720	31,8519	Coesiva
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,6561	0,02570	39,1709	Adesiva
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	0,6156	0,02270	36,8746	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,616	0,02290	37,1753	Coesiva
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,792	0,01170	14,7727	Mista
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,6	0,02280	38,0000	Adesiva
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,5925	0,01910	32,2363	Adesiva
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,8245	0,00550	6,6707	Mista
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
71	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,632	0,01470	23,2595	Coesiva
71	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,5928	0,01210	20,4116	Adesiva
71	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,8034	0,01440	17,9238	Mista
71	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,8112	0,01040	12,8205	Adesiva
71	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,5467	0,00740	13,5358	Adesiva
71	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
71	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
71	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
72	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,5852	0,0122	20,8476	Mista
72	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,5893	0,0239	40,5566	Coesiva
72	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6396	0,0179	27,9862	Mista
72	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,6	0,0069	11,5000	Adesiva
72	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,594	0,0043	7,2391	Coesiva
72	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,7656	0,0006	0,7837	Adesiva
72	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,7857	0,0107	13,6184	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
72	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,7047	0,013	18,4476	Adesiva
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,663	0,01260	19,0045	Adesiva
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,7474	0,02240	29,9706	Adesiva
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,5852	0,00570	9,7403	Adesiva
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,744	0,00740	9,9462	Adesiva
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	0,6561	0,02150	32,7694	Coesiva
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6083	0,01980	32,5497	Mista
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,7254	0,01380	19,0240	Coesiva
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6075	0,00730	12,0165	Adesiva
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
74	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	1,045	0,02640	25,2632	Adesiva
74	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6474	0,00030	0,4634	Coesiva
74	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6035	0,02420	40,0994	Adesiva
74	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,5159	0,00070	1,3569	Adesiva
74	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,8096	0,01860	22,9743	Adesiva
74	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,492	0,01230	25,0000	Adesiva
74	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
74	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
75	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,5467	0,01760	32,1932	Coesiva
75	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,568	0,01590	27,9930	Mista
75	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,5616	0,02070	36,8590	Mista
75	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,5382	0,02480	46,0795	Coesiva
75	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,6557	0,02690	41,0249	Adesiva
75	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6688	0,02430	36,3337	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
75	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,5548	0,01970	35,5083	Adesiva
75	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5925	0,02570	43,3755	Coesiva
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,5928	0,01610	27,1592	Adesiva
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,6808	0,01950	28,6428	Mista
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,6083	0,01080	17,7544	Adesiva
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,555	0,02150	38,7387	Mista
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,6612	0,02610	39,4737	Coesiva
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,57	0,01380	24,2105	Mista
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,5772	0,01970	34,1303	Coesiva
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6916	0,01660	24,0023	Adesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6308	0,01090	17,2796	Coesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,664	0,02080	31,3253	Mista
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,5236	0,01110	21,1994	Adesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,553	0,02320	41,9530	Coesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,5304	0,03040	57,3152	Adesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,511	0,01390	27,2016	Coesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,5698	0,02410	42,2955	Adesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,7344	0,01370	18,6547	Adesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,6083	0,00620	10,1923	Adesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,518	0,00490	9,4595	Adesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
78	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6478	0,01490	23,0009	Adesiva
78	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,738	0,03570	48,3740	Coesiva
78	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	1,1284	0,02200	19,4966	Adesiva
78	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,9882	0,06120	61,9308	Coesiva
78	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,7917	0,02190	27,6620	Adesiva
78	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
78	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5994	0,01450	24,1909	Adesiva
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,4824	0,01070	22,1808	Adesiva
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,5928	0,01620	27,3279	Coesiva
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6636	0,01150	17,3297	Adesiva
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,5508	0,00810	14,7059	Adesiva
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,664	0,01450	21,8373	Adesiva
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,624	0,01960	31,4103	Adesiva
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,5256	0,00760	14,4597	Adesiva
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,518	0,01960	37,8378	Mista
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6468	0,02300	35,5597	Coesiva
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6142	0,01320	21,4914	Adesiva
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,576	0,02120	36,8056	Adesiva
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6068	0,01300	21,4239	Coesiva
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,5616	0,02110	37,5712	Mista
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,7098	0,02210	31,1355	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6715	0,00910	13,5517	Mista
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste

Valores de cada observação realizada (palito), de acordo com o dente de origem, o adesivo utilizado, estratégia de adesão, condição de humidade de dentina, a posição relativa (do palito) na dentina, em termos de área de secção do respectivo espécime, valor de força e respetiva tensão mínima para a ocorrência de falha e o tipo de falha ocorrida.

Tabela III – Tabela de saída do teste de resistência adesiva dos espécimes processados aos 12 meses.

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,4968	0,0082	16,5056	Adesiva
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,532	0,0118	22,1805	Adesiva
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,5372	0,0124	23,0827	Adesiva
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,6162	0,0069	11,1977	Coesiva
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6156	0,0103	16,7316	Adesiva
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,555	0,0182	32,7928	Coesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,469	0,008	17,0576	Adesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,624	0,0158	25,3205	Coesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,4899	0,021	42,8659	Adesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,5576	0,0005	0,8967	Adesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,5785	0,0014	2,4201	Adesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,5451	0,0218	39,9927	Adesiva
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,7968	0,0115	14,4327	Mista
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5698	0,012	21,0600	Adesiva
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,5472	0,0005	0,9137	Adesiva
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,525	0,0194	36,9524	Coesiva
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,64	0,0074	11,5625	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6864	0,0003	0,4371	Mista
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6557	0,011	16,7760	Coesiva
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,6478	0,0212	32,7262	Adesiva
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,6723	0,0001	0,1487	Adesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,648	0,0136	20,9877	Adesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,6	0,0003	0,5000	Coesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,6557	0,0184	28,0616	Adesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,6391	0,0215	33,6411	Coesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,5256	0,0163	31,0122	Coesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6083	0,0215	35,3444	Mista
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,5548	0,0001	0,1802	Coesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,7224	0,0099	13,7043	Adesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	6	0,6622	0,0146	22,0477	Adesiva
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,6048	0,0061	10,0860	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,6399	0,0086	13,4396	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,616	0,0004	0,6494	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,5925	0,0001	0,1688	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6318	0,0227	35,9291	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6237	0,0003	0,4810	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,6225	0,0068	10,9237	Mista
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,609	0,018	29,5567	Adesiva
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm2)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,546	0,0215	39,3773	Coesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,5135	0,0194	37,7799	Mista
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,608	0,0177	29,1118	Adesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,5852	0,0117	19,9932	Coesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,57	0,0156	27,3684	Adesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,54	0,0176	32,5926	Coesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,5698	0,0186	32,6430	Adesiva
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,5538	0,0068	12,2788	Mista
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,497	0,0126	25,3521	Adesiva
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,5402	0,0225	41,6512	Coesiva
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,6083	0,0126	20,7135	Adesiva
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,6006	0,012	19,9800	Adesiva
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,6225	0,0077	12,3695	Coesiva
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,4891	0,0197	40,2781	Coesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,5544	0,0152	27,4170	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,6478	0,0114	17,5980	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,5698	0,0209	36,6795	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,6192	0,0153	24,7093	Coesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,792	0,0002	0,2525	Mista
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,6141	0,014	22,7976	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,78	0,0095	12,1795	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	0,5852	0,0179	30,5878	Adesiva
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,5976	0,024	40,1606	Mista
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,57	0,0199	34,9123	Adesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,555	0,0123	22,1622	Adesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,6552	0,0205	31,2882	Coesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	5	0,5775	0,0074	12,8139	Adesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,6557	0,0246	37,5172	Coesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,803	0,0089	11,0834	Mista
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,8103	0,0152	18,7585	Adesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,525	0,0013	2,4762	Adesiva
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,5382	0,0014	2,6013	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	0,7665	0,0195	25,4403	Mista
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	7	0,57	0,0158	27,7193	Coesiva
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,5304	0,0149	28,0920	Mista
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,51	0,0127	24,9020	Mista
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,5544	0,0149	26,8759	Coesiva
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,539	0,0148	27,4583	Adesiva
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,4556	0,0144	31,6067	Adesiva
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,5032	0,01960	38,9507	Coesiva
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6396	0,0182	28,4553	Adesiva
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,5986	0,0178	29,7361	Mista
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,6806	0,0183	26,8880	Adesiva
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	0,6545	0,0183	27,9603	Coesiva
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6474	0,007	10,8125	Coesiva
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,5329	0,0189	35,4663	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,5698	0,0172	30,1860	Mista
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,7031	0,0242	34,4190	Mista
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,6708	0,022	32,7967	Mista
11	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,585	0,0175	29,9145	Coesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,7656	0,0029	3,7879	Coesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,7392	0,0004	0,5411	Adesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6794	0,0202	29,7321	Mista
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6375	0,0002	0,3137	Adesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,66	0,0143	21,6667	Adesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6952	0,0221	31,7894	Adesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,6478	0,0154	23,7728	Coesiva
12	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,7832	0,0076	9,7038	Adesiva
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,624	0,0078	12,5000	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6162	0,0135	21,9085	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,624	0,0086	13,7821	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	0,6972	0,02	28,6862	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,648	0,0123	18,9815	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,6162	0,0161	26,1279	Adesiva
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,57	0,0054	9,4737	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,6561	0,0084	12,8029	Mista
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,7238	0,0106	14,6449	Coesiva
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
13	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,697	0,0146	20,9469	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,488	0,0121	24,7951	Adesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,663	0,0189	28,5068	Coesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,6808	0,0003	0,4407	Adesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,615	0,0146	23,7398	Adesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,5624	0,0002	0,3556	Mista
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,7392	0,0216	29,2208	Coesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,6399	0,0085	13,2833	Adesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,6888	0,0187	27,1487	Coesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,5148	0,0116	22,5330	Adesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	7	0,6162	0,0151	24,5050	Adesiva
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
14	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,6162	0,016	25,9656	Adesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,4958	0,0002	0,4034	Coesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6083	0,0245	40,2762	Coesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,444	0,0161	36,2613	Mista
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	0,6552	0,0138	21,0623	Adesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	6	0,675	0,01	14,8148	Mista
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,748	0,0148	19,7861	Adesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,729	0,0069	9,4650	Adesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,5928	0,0181	30,5331	Adesiva
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,8816	0,013	14,7459	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	1,0058	0,0061	6,0648	Mista
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,8208	0,017	20,7115	Mista
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,568	0,0132	23,2394	Adesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6318	0,0162	25,6410	Adesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,6156	0,0127	20,6303	Adesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,5928	0,006	10,1215	Adesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	6	0,6468	0,0087	13,4508	Adesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,5544	0,0112	20,2020	Mista
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,539	0,0122	22,6345	Coesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,4891	0,021	42,9360	Coesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,4884	0,0101	20,6798	Coesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,5929	0,0024	4,0479	Adesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,585	0,021	35,8974	Adesiva
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,7221	0,0222	30,7437	Mista
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,7533	0,0196	26,0189	Mista
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,5767	0,0061	10,5774	Coesiva
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,6424	0,0227	35,3362	Coesiva
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,5616	0,0193	34,3661	Coesiva
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,6399	0,0201	31,4112	Mista
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,6177	0,0148	23,9599	Adesiva
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,5772	0,0173	29,9723	Coesiva
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,6557	0,0238	36,2971	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,5767	0,0089	15,4326	Adesiva
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,7776	0,0139	17,8755	Mista
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,5355	0,0219	40,8964	Mista
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,5632	0,0139	24,6804	Mista
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,5796	0,0125	21,5666	Mista
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,7482	0,0176	23,5231	Coesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6715	0,0167	24,8697	Mista
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,426	0,0143	33,5681	Mista
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,5925	0,023	38,8186	Adesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,5616	0,013	23,1481	Coesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,6708	0,0144	21,4669	Mista
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,6438	0,0109	16,9307	Adesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	7	0,4968	0,0237	47,7053	Adesiva
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5616	0,0213	37,9274	Mista
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6132	0,0133	21,6895	Mista
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,504	0,0253	50,1984	Coesiva
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,6586	0,0061	9,2621	Adesiva
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,5928	0,0092	15,5196	Adesiva
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,5776	0,0161	27,8740	Mista
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,5616	0,0146	25,9972	Adesiva
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,54	0,016	29,6296	Adesiva
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,5328	0,0158	29,6547	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5928	0,0222	37,4494	Mista
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,51	0,0061	11,9608	Adesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,664	0,0191	28,7651	Adesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,6724	0,0205	30,4878	Coesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,632	0,0158	25,0000	Adesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,5427	0,0201	37,0370	Coesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,5106	0,0097	18,9973	Coesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,5313	0,0025	4,7054	Adesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,5236	0,0214	40,8709	Mista
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,5852	0,0054	9,2276	Coesiva
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,6192	0,0164	26,4858	Mista
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	7	0,6972	0,0142	20,3672	Adesiva
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5976	0,001	1,6734	Adesiva
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,6156	0,0123	19,9805	Adesiva
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6561	0,0094	14,3271	Adesiva
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6075	0,005	8,2305	Adesiva
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
21	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5256	0,0039	7,4201	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,5986	0,0122	20,3809	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,632	0,0165	26,1076	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6474	0,0111	17,1455	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,5913	0,0085	14,3751	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,616	0,0054	8,7662	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,646	0,0052	8,0495	Adesiva
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
22	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5775	0,012	20,7792	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,5616	0,0207	36,8590	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,5694	0,0066	11,5911	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,555	0,0189	34,0541	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,576	0,012	20,8333	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,8532	0,0015	1,7581	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,6806	0,0086	12,6359	Adesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,4891	0,0139	28,4195	Coesiva
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
23	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5928	0,0034	5,7355	Adesiva
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,5467	0,005	9,1458	Adesiva
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,5372	0,007	13,0305	Adesiva
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,6232	0,0183	29,3646	Adesiva
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,5561	0,0021	3,7763	Adesiva
24	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,648	0,007	10,8025	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,5624	0,0169	30,0498	Adesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,5467	0,0162	29,6323	Coesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,5254	0,0148	28,1690	Adesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,5775	0,0105	18,1818	Adesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,5609	0,0255	45,4626	Coesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,6	0,0094	15,6667	Adesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,5112	0,0139	27,1909	Adesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,5688	0,0164	28,8326	Coesiva
27	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,5913	0,0129	21,8163	Adesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,555	0,0099	17,8378	Adesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,6612	0,0081	12,2505	Adesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,6162	0,001	1,6228	Adesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,5925	0,0117	19,7468	Adesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,584	0,0174	29,7945	Adesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,57	0,0117	20,5263	Coesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,552	0,0182	32,9710	Adesiva
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
28	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,5254	0,0085	16,1781	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,4824	0,0096	19,9005	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,6156	0,0125	20,3054	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,525	0,0109	20,7619	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,4757	0,0004	0,8409	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,6241	0,0039	6,2490	Mista
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,6474	0,0045	6,9509	Mista
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,5313	0,0174	32,7499	Adesiva
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,6132	0,0152	24,7880	Adesiva
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,6723	0,0124	18,4441	Adesiva
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,5994	0,0062	10,3437	Adesiva
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,4331	0,0081	18,7024	Adesiva
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,6083	0,018	29,5907	Adesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6468	0,0168	25,9740	Coesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6232	0,016	25,6739	Mista
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,5925	0,0138	23,2911	Adesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,4968	0,0192	38,6473	Adesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,5904	0,0192	32,5203	Coesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6035	0,023	38,1110	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,6319	0,0162	25,6370	Coesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,576	0,0011	1,9097	Adesiva
31	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,5328	0,0147	27,5901	Adesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,5925	0,0198	33,4177	Adesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,5092	0,0107	21,0134	Coesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,5775	0,0094	16,2771	Adesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	0,6205	0,0056	9,0250	Adesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,5775	0,0131	22,6840	Adesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,6636	0,0196	29,5359	Mista
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,57	0,0181	31,7544	Adesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,5106	0,0196	38,3862	Mista
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,6636	0,0236	35,5636	Adesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,6068	0,0068	11,2063	Coesiva
32	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,5478	0,0116	21,1756	Coesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,525	0,0104	19,8095	Mista
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,5832	0,0153	26,2346	Coesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,5928	0,0198	33,4008	Adesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,497	0,0281	56,5392	Coesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,518	0,0216	41,6988	Adesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,5508	0,0173	31,4089	Mista
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,494	0,0083	16,8016	Mista
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,567	0,0057	10,0529	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,567	0,013	22,9277	Mista
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	7	0,4556	0,0134	29,4118	Coesiva
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
33	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,7224	0,0212	29,3466	Adesiva
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6314	0,0103	16,3130	Adesiva
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,5402	0,011	20,3628	Mista
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,5624	0,0151	26,8492	Mista
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,6314	0,0148	23,4400	Adesiva
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6391	0,0057	8,9188	Adesiva
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
34	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
35	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,5292	0,0106	20,0302	Adesiva
35	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6916	0,0088	12,7241	Mista
35	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,7482	0,0193	25,7952	Mista
35	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,576	0,0099	17,1875	Adesiva
35	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5986	0,0273	45,6064	Adesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6156	0,0189	30,7018	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,5772	0,0239	41,4068	Coesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,5822	0,0134	23,0161	Mista
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,5621	0,0206	36,6483	Coesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6636	0,0152	22,9054	Adesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,5183	0,0211	40,7100	Adesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,5183	0,0245	47,2699	Coesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6674	0,0143	21,4264	Coesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,6786	0,0249	36,6932	Adesiva
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
36	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6745	0,0186	27,5760	Coesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6603	0,0261	39,5275	Coesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,497	0,0171	34,4064	Mista
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,5329	0,0285	53,4810	Mista
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,5644	0,0154	27,2856	Adesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,731	0,0116	15,8687	Adesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,5694	0,0218	38,2859	Coesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,765	0,0083	10,8497	Adesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,536	0,0076	14,1791	Adesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,6225	0,0075	12,0482	Coesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,3519	0,0127	36,0898	Adesiva
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	7	0,7912	0,0149	18,8322	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
37	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,539	0,0179	33,2096	Mista
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6708	0,0155	23,1067	Coesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,5328	0,0255	47,8604	Coesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,656	0,0204	31,0976	Adesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6636	0,0403	60,7294	Coesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,84	0,0155	18,4524	Adesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,7189	0,022	30,6023	Coesiva
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,7007	0,0127	18,1247	Mista
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,532	0,0155	29,1353	Mista
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
38	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,555	0,0156	28,1081	Adesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,5328	0,0068	12,7628	Coesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,504	0,018	35,7143	Adesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,5852	0,0283	48,3595	Adesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,612	0,0219	35,7843	Adesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	6	0,5986	0,0193	32,2419	Coesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,7373	0,0118	16,0043	Adesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,608	0,0187	30,7566	Adesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,5236	0,0078	14,8969	Adesiva
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,4824	0,0154	31,9237	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
39	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,57	0,0111	19,4737	Mista
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,465	0,0176	37,8495	Adesiva
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,574	0,0113	19,6864	Mista
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,5624	0,0135	24,0043	Coesiva
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,576	0,019	32,9861	Coesiva
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,6006	0,0152	25,3080	Mista
40	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,5092	0,0035	6,8735	Coesiva
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,6468	0,02	30,9215	Coesiva
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,448	0,0194	43,3036	Mista
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,714	0,0172	24,0896	Adesiva
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,6723	0,028	41,6481	Coesiva
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	5	0,7488	0,0222	29,6474	Mista
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,4968	0,0166	33,4138	Mista
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,792	0,0373	47,0960	Coesiva
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,5074	0,0117	23,0587	Coesiva
41	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,7047	0,0243	34,4828	Adesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,6399	0,0283	44,2257	Adesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,6004	0,0262	43,6376	Coesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,57	0,0274	48,0702	Coesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	5	0,8547	0,0309	36,1530	Adesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,645	0,0263	40,7752	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,5865	0,013	22,1654	Adesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,82	0,0245	29,8780	Mista
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,752	0,017	22,6064	Mista
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,7216	0,028	38,8027	Adesiva
42	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,6557	0,0175	26,6890	Coesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,616	0,022	35,7143	Adesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,731	0,0193	26,4022	Coesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,664	0,0295	44,4277	Adesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,801	0,028	34,9563	Adesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,784	0,0234	29,8469	Coesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,8232	0,0248	30,1263	Adesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,7047	0,0254	36,0437	Adesiva
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
43	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,6557	0,0193	29,4342	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,5846	0,0287	49,0934	Coesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,5589	0,0154	27,5541	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,6478	0,0092	14,2019	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	5	0,6552	0,0186	28,3883	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,6776	0,0115	16,9717	Mista
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,5822	0,0287	49,2958	Coesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6643	0,0257	38,6873	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,645	0,0153	23,7209	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm2)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,6806	0,0004	0,5877	Adesiva
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
44	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,8556	0,0112	13,0902	Adesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,8352	0,0302	36,1590	Coesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,7068	0,0205	29,0040	Mista
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,6192	0,0278	44,8966	Coesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6364	0,0146	22,9415	Coesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,5712	0,0175	30,6373	Coesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,5852	0,0018	3,0759	Adesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,7138	0,018	25,2171	Adesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	6	0,574	0,0221	38,5017	Coesiva
45	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	7	0,6552	0,0185	28,2357	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,7298	0,0086	11,7841	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,6675	0,0036	5,3933	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,76	0,0119	15,6579	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,9858	0,0003	0,3043	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,87	0,0076	8,7356	Adesiva
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,7138	0,0025	3,5024	Mista
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
46	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,874	0,0119	13,6156	Adesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,9424	0,0355	37,6698	Coesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,608	0,0001	0,1645	Adesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,7144	0,0135	18,8970	Adesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,7482	0,0191	25,5279	Coesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,7912	0,021	26,5420	Coesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,8	0,0067	8,3750	Adesiva
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,7904	0,0104	13,1579	Mista
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	0,8256	0,0233	28,2219	Mista
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
47	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,8924	0,0173	19,3859	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,8554	0,0216	25,2513	Coesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,7315	0,0217	29,6651	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,9984	0,0139	13,9223	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,7857	0,0098	12,4730	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,8415	0,0294	34,9376	Adesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,584	0,0137	23,4589	Coesiva
48	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,76	0,0002	0,2632	Mista
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,615	0,0092	14,9593	Adesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,792	0,0224	28,2828	Coesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,6004	0,0145	24,1506	Mista
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,5688	0,0239	42,0183	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,8836	0,0281	31,8017	Adesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,6873	0,0297	43,2126	Coesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,6408	0,0224	34,9563	Adesiva
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,8439	0,0103	12,2052	Mista
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
49	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,6889	0,0271	39,3381	Coesiva
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,8514	0,01	11,7454	Adesiva
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,6314	0,0028	4,4346	Mista
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,8096	0,0263	32,4852	Coesiva
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,8118	0,0125	15,3979	Adesiva
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,6912	0,0186	26,9097	Adesiva
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
50	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,494	0,0118	23,8866	Adesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,462	0,0126	27,2727	Adesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,432	0,016	37,0370	Coesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6468	0,0263	40,6617	Coesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,81	0,0081	10,0000	Adesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6351	0,0206	32,4358	Mista
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,729	0,0161	22,0850	Mista
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,363	0,0165	45,4545	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	6	0,6006	0,02	33,3000	Coesiva
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	7	0,5913	0,0239	40,4194	Mista
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
51	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,7905	0,0147	18,5958	Mista
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,8439	0,032	37,9192	Coesiva
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,792	0,0226	28,5354	Coesiva
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,6468	0,0237	36,6419	Coesiva
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6642	0,0279	42,0054	Coesiva
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,7221	0,0074	10,2479	Mista
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,8316	0,0129	15,5123	Mista
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,7304	0,0306	41,8949	Adesiva
52	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,8736	0,0067	7,6694	Mista
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,645	0,0226	35,0388	Mista
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,7488	0,021	28,0449	Coesiva
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,8277	0,0206	24,8882	Coesiva
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,9047	0,0212	23,4332	Coesiva
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,6205	0,0172	27,7196	Mista
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6478	0,0129	19,9136	Coesiva
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,816	0,0175	21,4461	Coesiva
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
53	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,54	0,0169	31,2963	Coesiva
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,836	0,0396	47,3684	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm2)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,9292	0,0317	34,1154	Coesiva
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,774	0,0171	22,0930	Coesiva
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6873	0,0189	27,4989	Coesiva
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,7968	0,0167	20,9588	Mista
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,7238	0,0354	48,9085	Coesiva
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,9215	0,0287	31,1449	Mista
54	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	5	0,828	0,0175	21,1353	Adesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,7138	0,018	25,2171	Adesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	1,0098	0,032	31,6894	Adesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,7954	0,0302	37,9683	Coesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,816	0,021	25,7353	Coesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	0,8066	0,03	37,1932	Coesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	6	0,8099	0,0201	24,8179	Coesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,8928	0,0138	15,4570	Coesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,6474	0,0342	52,8267	Coesiva
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,7392	0,0135	18,2630	Mista
55	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,6636	0,023	34,6594	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6885	0,0146	21,2055	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,7055	0,0081	11,4812	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,5548	0,0026	4,6864	Coesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,6806	0,0086	12,6359	Adesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6545	0,018	27,5019	Mista
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,7221	0,0205	28,3894	Coesiva
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,7735	0,0167	21,5902	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,704	0,0091	12,9261	Mista
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
56	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6083	0,0222	36,4952	Coesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,7719	0,0192	24,8737	Adesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,696	0,0107	15,3736	Adesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,6162	0,0179	29,0490	Adesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	6	0,5913	0,0156	26,3825	Adesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	7	0,5698	0,0139	24,3945	Coesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,5893	0,0202	34,2780	Mista
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,6545	0,0188	28,7242	Coesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,6225	0,0166	26,6667	Coesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6916	0,0252	36,4372	Mista
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,656	0,0233	35,5183	Mista
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,6975	0,0165	23,6559	Coesiva
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	7	0,231	0,0213	92,2078	Mista
57	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,6348	0,0195	30,7183	Mista
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,68	0,0261	38,3824	Coesiva
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,488	0,0158	32,3770	Mista
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,7221	0,0332	45,9770	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6734	0,0239	35,4915	Adesiva
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,536	0,0157	29,2910	Adesiva
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,7553	0,0236	31,2459	Mista
58	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6156	0,0217	35,2502	Adesiva
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,7007	0,0246	35,1077	Coesiva
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	1,0701	0,0173	16,1667	Mista
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	1,0043	0,0153	15,2345	Coesiva
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,7047	0,0163	23,1304	Mista
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6216	0,0278	44,7233	Coesiva
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,7052	0,0283	40,1305	Mista
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,7134	0,0176	24,6706	Mista
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6794	0,0204	30,0265	Mista
59	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,711	0,0193	27,1449	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,7896	0,0133	16,8440	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6162	0,0358	58,0980	Coesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,6734	0,0141	20,9385	Mista
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6776	0,0027	3,9847	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,81	0,0094	11,6049	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,8927	0,0262	29,3492	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,8667	0,0053	6,1151	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,6885	0,004	5,8097	Adesiva
60	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5694	0,0175	30,7341	Coesiva
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,5852	0,0174	29,7334	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,4554	0,0114	25,0329	Adesiva
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,5712	0,0083	14,5308	Mista
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6162	0,0132	21,4216	Adesiva
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,6786	0,0082	12,0837	Mista
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,5852	0,0058	9,9111	Adesiva
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,6643	0,0085	12,7954	Mista
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
61	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,5698	0,007	12,2850	Adesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,57	0,0102	17,8947	Adesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,5159	0,0134	25,9740	Adesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,5775	0,0046	7,9654	Adesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,5402	0,0121	22,3991	Adesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6072	0,0133	21,9038	Mista
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,5544	0,0223	40,2237	Adesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,5688	0,0055	9,6695	Adesiva
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
62	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,779	0,0212	27,2144	Adesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,5621	0,008	14,2323	Coesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,6006	0,0093	15,4845	Coesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,5621	0,0023	4,0918	Adesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6241	0,0153	24,5153	Adesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,648	0,0051	7,8704	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm2)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,5775	0,001	1,7316	Adesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,568	0,0266	46,8310	Adesiva
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
63	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,585	0,0046	7,8632	Adesiva
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,5621	0,0003	0,5337	Adesiva
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,5852	0,0275	46,9925	Coesiva
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	4	0,5328	0,0002	0,3754	Adesiva
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,518	0,0097	18,7259	Adesiva
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,5472	0,0185	33,8085	Mista
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,5928	0,0157	26,4845	Coesiva
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,6536	0,0021	3,2130	Adesiva
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
64	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	1	0,6776	0,0059	8,7072	Coesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	2	0,6237	0,005	8,0167	Mista
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Central	3	0,5846	0,009	15,3951	Adesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	1	0,481	0,0134	27,8586	Adesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	2	0,6396	0,0093	14,5403	Coesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	3	0,5328	0,0137	25,7132	Coesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	4	0,5475	0,0157	28,6758	Adesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	Periférico	5	0,5822	0,0209	35,8983	Adesiva
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
65	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,7055	0,0067	9,4968	Adesiva
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,7896	0,0092	11,6515	Adesiva
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,5494	0,0078	14,1973	Adesiva
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	4	0,6408	0,0181	28,2459	Adesiva
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,801	0,0134	16,7291	Coesiva
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,5538	0,0108	19,5016	Mista
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,6375	0,0125	19,6078	Adesiva
66	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,6952	0,0217	31,2140	Mista
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,722	0,0176	24,3767	Coesiva
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,7544	0,0029	3,8441	Adesiva
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,8232	0,0169	20,5296	Mista
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	1,026	0,0164	15,9844	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,6696	0,019	28,3751	Coesiva
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,5609	0,0003	0,5349	Mista
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,9184	0,022	23,9547	Coesiva
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,7084	0,0127	17,9277	Adesiva
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	0,9434	0,0266	28,1959	Coesiva
67	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	7	0,9393	0,0112	11,9238	Mista
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,7885	0,016	20,2917	Coesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,6642	0,0213	32,0687	Mista
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,5644	0,0127	22,5018	Coesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,6622	0,0218	32,9206	Adesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,5698	0,0168	29,4840	Adesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,6075	0,0131	21,5638	Adesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,629	0,0165	26,2321	Adesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,8284	0,0138	16,6586	Adesiva
68	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	0,6	0,009	15,0000	Adesiva
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,6396	0,0166	25,9537	Mista
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,7644	0,016	20,9314	Coesiva
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,7084	0,0159	22,4449	Mista
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,6636	0,0225	33,9060	Coesiva
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,5767	0,0141	24,4495	Adesiva
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	3	0,7134	0,0237	33,2212	Mista
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	4	0,6364	0,0212	33,3124	Coesiva
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	5	0,6156	0,022	35,7375	Coesiva
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	6	0,7298	0,0166	22,7460	Mista

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
69	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	1	0,6806	0,0122	17,9254	Adesiva
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	2	0,7392	0,019	25,7035	Mista
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Central	3	0,6399	0,0115	17,9716	Adesiva
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	1	0,8004	0,0103	12,8686	Adesiva
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	Periférico	2	0,6873	0,0281	40,8846	Coesiva
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
70	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
71	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,6399	0,0115	17,9716	Adesiva
71	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,7134	0,0123	17,2414	Coesiva
71	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,693	0,0238	34,3434	Coesiva
71	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,6399	0,0144	22,5035	Mista
71	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,935	0,0018	1,9251	Adesiva
71	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
71	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
71	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
72	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,7138	0,0003	0,4203	Adesiva
72	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6396	0,0094	14,6967	Adesiva
72	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	1,1118	0,006	5,3967	Adesiva
72	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,8835	0,01	11,3186	Coesiva
72	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,7225	0,0149	20,6228	Adesiva
72	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,648	0,0184	28,3951	Adesiva
72	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6318	0,0192	30,3894	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
72	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,75	0,0067	8,9333	Mista
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,8075	0,0182	22,5387	Coesiva
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,6984	0,018	25,7732	Adesiva
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,6162	0,01	16,2285	Adesiva
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	4	0,615	0,0006	0,9756	Adesiva
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	5	0,846	0,0003	0,3546	Adesiva
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,8554	0,0219	25,6021	Coesiva
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,8455	0,013	15,3755	Coesiva
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,66	0,0063	9,5455	Adesiva
73	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
74	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,7098	0,0162	22,8233	Adesiva
74	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,624	0,01	16,0256	Adesiva
74	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,4788	0,0059	12,3225	Mista
74	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,7371	0,0078	10,5820	Adesiva
74	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,837	0,01	11,9474	Adesiva
74	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,9312	0,0055	5,9064	Adesiva
74	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
74	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
75	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	1	0,7224	0,0305	42,2204	Coesiva
75	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	2	0,776	0,0163	21,0052	Mista
75	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Central	3	0,7921	0,0148	18,6845	Mista
75	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	1	0,6557	0,0008	1,2201	Adesiva
75	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	2	0,7138	0,0197	27,5988	Coesiva
75	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	3	0,6241	0,0114	18,2663	Adesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm2)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
75	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	Periférico	4	0,5976	0,0149	24,9331	Mista
75	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida					1,7619	Pré-teste
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5925	0,0101	17,0464	Adesiva
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6083	0,0247	40,6050	Coesiva
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,602	0,003	4,9834	Adesiva
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,6786	0,0116	17,0940	Mista
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,66	0,016	24,2424	Mista
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,585	0,0127	21,7094	Adesiva
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,7225	0,0296	40,9689	Coesiva
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6916	0,03	43,3777	Coesiva
76	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5183	0,013	25,0820	Adesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,5472	0,0062	11,3304	Adesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,6216	0,0074	11,9048	Adesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	4	0,56	0,0176	31,4286	Mista
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	5	0,5852	0,0094	16,0629	Coesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,6478	0,0004	0,6175	Coesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,5609	0,0162	28,8822	Mista
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,74	0,0114	15,4054	Mista
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,6232	0,0115	18,4531	Coesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,532	0,0039	7,3308	Adesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,5928	0,0002	0,3374	Adesiva
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm2)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
77	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
78	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5456	0,0275	50,4032	Coesiva
78	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,846	0,0033	3,9007	Adesiva
78	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,6468	0,0197	30,4576	Adesiva
78	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,7776	0,0003	0,3858	Adesiva
78	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,5184	0,0061	11,7670	Adesiva
78	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
78	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5609	0,0101	18,0068	Mista
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,5328	0,0186	34,9099	Coesiva
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,6237	0,0003	0,4810	Mista
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,5037	0,0125	24,8164	Coesiva
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,5183	0,00202	3,8974	Adesiva
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,5846	0,0065	11,1187	Adesiva
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	5	0,574	0,0003	0,5226	Coesiva
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	6	0,5508	0,0004	0,7262	Coesiva
79	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	1	0,5913	0,0224	37,8826	Coesiva
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	2	0,567	0,0206	36,3316	Coesiva
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Central	3	0,585	0,0229	39,1453	Mista
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	1	0,693	0,015	21,6450	Coesiva
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	2	0,6408	0,0142	22,1598	Coesiva
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	3	0,5538	0,0217	39,1838	Coesiva

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Posição relativa na dentina do palito	Palito	Área (mm ²)	Força (KN)	Tensão (MPa)	Tipo de Fratura
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	Periférico	4	0,5092	0,0115	22,5844	Mista
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste
80	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca					1,7619	Pré-teste

Tabela IV – Tabela de saída do teste de nanoinfiltração dos espécimes processados às 24 h.

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Comprimento total da interface (nm)	Comprimento total da interface nanoinfiltrada (nm)	Nanoinfiltração (%)
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	6023,90	0,00	0,00%
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	9289,39	1483,89	15,97%
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	7292,31	364,62	5,00%
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	9034,69	451,73	5,00%
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	6531,28	459,82	7,04%
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	3639,63	1035,69	28,46%
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	8597,76	0,00	0,00%
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	8179,81	983,83	12,03%
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	7158,89	410,63	5,74%
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	7495,78	21,89	0,29%
11	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	9436,64	660,56	7,00%
12	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	7950,83	397,54	5,00%
13	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	7219,37	211,49	2,93%
14	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	7874,31	68,55	0,87%
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	9286,83	1929,78	20,78%
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	9995,22	2046,42	20,47%
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	7715,14	1825,40	23,66%
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	9207,39	2428,31	26,37%
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	6692,06	1524,65	22,78%
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	8614,94	3074,93	35,69%
21	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	7439,71	2282,33	30,68%

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Comprimento total da interface (nm)	Comprimento total da interface nanoinfiltrada (nm)	Nanoinfiltração (%)
22	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	6742,73	1522,80	22,58%
23	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	4591,47	688,72	15,00%
24	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	6201,03	3662,21	59,06%
25	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	8555,32	516,59	6,04%
26	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	7045,28	1037,66	14,73%
27	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	8069,16	622,44	7,71%
28	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	7455,04	1153,21	15,47%
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	7094,41	460,99	6,50%
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	6214,03	216,49	3,48%
31	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	7073,02	817,46	11,56%
32	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	6803,99	417,28	6,13%
33	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	7811,35	968,87	12,40%
34	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	6751,20	241,66	3,58%
35	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	5637,62	310,42	5,51%
36	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	8902,51	135,97	1,53%
37	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	6115,29	244,46	4,00%
38	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	5830,31	8,10	0,14%
39	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	8179,88	472,60	5,78%
40	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	6648,02	142,43	2,14%
41	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	5591,16	361,08	6,46%
42	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	5542,55	332,55	6,00%
43	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	12639,62	1278,66	10,12%
44	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	6535,09	1248,02	19,10%
45	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	6703,60	1606,17	23,96%

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Comprimento total da interface (nm)	Comprimento total da interface nanoinfiltrada (nm)	Nanoinfiltração (%)
46	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	4927,78	747,03	15,16%
47	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	6382,79	983,81	15,41%
48	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	7782,48	1605,91	20,63%
49	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	7215,44	1280,94	17,75%
50	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	7672,34	749,60	9,77%
51	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	6229,48	874,30	14,03%
52	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	4348,33	899,52	20,69%
53	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	8437,26	1279,93	15,17%
54	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	5749,79	1112,81	19,35%
55	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	6384,94	1577,18	24,70%
56	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	5866,39	478,58	8,16%
57	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	6065,16	0,00	0,00%
58	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	6856,84	0,00	0,00%
59	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	5683,21	198,91	3,50%
60	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	6717,89	201,54	3,00%
61	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	6694,75	0,00	0,00%
62	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	5856,89	290,59	4,96%
63	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	7424,37	98,99	1,33%
64	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	8168,92	0,00	0,00%
65	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	4317,74	64,77	1,50%
66	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	5746,35	86,20	1,50%
67	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	8471,79	270,30	3,19%
68	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	6126,42	0,00	0,00%
69	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	6542,03	51,89	0,79%

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Comprimento total da interface (nm)	Comprimento total da interface nanoinfiltrada (nm)	Nanoinfiltração (%)
70	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	5821,07	0,00	0,00%
71	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	7506,53	1032,80	13,76%
72	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	6841,41	1567,43	22,91%
73	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	7495,74	1635,47	21,82%
74	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	7363,30	2191,03	29,76%
75	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	8537,27	299,30	3,51%
76	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	5993,16	496,98	8,29%
77	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	6738,74	1216,56	18,05%
78	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	6287,65	633,39	10,07%
79	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	9080,68	842,31	9,28%
80	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	8747,22	1183,28	13,53%
81	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	6897,90	2163,64	31,37%
82	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	5942,36	2308,54	38,85%
83	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	8664,45	922,98	10,65%
84	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	7685,23	709,35	9,23%
85	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	9786,5598	17,60	0,18%
86	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	8583,8598	245,98	2,87%
87	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	7666,3896	0,00	0,00%
88	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	8771,8608	0,00	0,00%
89	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	9352,7016	0,00	0,00%
90	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	5430,6336	18,23	0,34%
91	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	8065,4328	348,78	4,32%
92	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	7401,42	344,10	4,65%
93	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	7952,76	42,41	0,53%

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Comprimento total da interface (nm)	Comprimento total da interface nanoinfiltrada (nm)	Nanoinfiltração (%)
94	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	8503,09	232,44	2,73%
95	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	5196,42	248,90	4,79%
96	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	5433,55	7,85	0,14%
97	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	6522,05	19,37	0,30%
98	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	6238,47	2,53	0,04%
99	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	8581,33	858,13	10,00%
100	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	7839,96	1006,98	12,84%
101	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	9205,59	80,52	0,87%
102	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	7433,83	0,00	0,00%
103	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	7192,65	1384,57	19,25%
104	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	6530,41	356,76	5,46%
105	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	6775,63	1538,44	22,71%
106	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	9074,06	741,24	8,17%
107	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	8537,90	3194,12	37,41%
108	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	8514,10	2292,09	26,92%
109	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	6932,87	405,25	5,85%
110	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	6246,95	1528,70	24,47%
111	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	10376,77	2714,56	26,16%
112	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	6792,09	301,94	4,45%

Tabela V – Tabela de saída do teste de nanoinfiltração dos espécimes processados aos 6 meses.

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Comprimento total da interface (nm)	Comprimento total da interface nanoinfiltrada (nm)	Nanoinfiltração (%)
1	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	6581,72	149,39	2,27%
2	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	9565,65	1311,81	13,71%
3	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	5679,14	366,44	6,45%
4	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	8509,10	759,36	8,92%
5	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	6723,82	358,70	5,33%
6	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	3238,15	58,88	1,82%
7	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	9121,53	736,07	8,07%
8	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	7591,95	881,20	11,61%
9	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	6932,36	512,95	7,40%
10	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	5415,95	1237,77	22,85%
11	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	8196,34	620,10	7,57%
12	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	6355,45	508,43	8,00%
13	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	6606,49	617,30	9,34%
14	Scotchbond Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	5851,20	873,29	14,92%
15	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	9142,93	1725,56	18,87%
16	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	9185,46	1894,19	20,62%
17	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	7270,89	2392,61	32,91%
18	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	7846,79	2167,90	27,63%
19	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	6986,04	1909,23	27,33%
20	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	8582,47	2985,13	34,78%
21	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	8838,20	2404,64	27,21%

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Comprimento total da interface (nm)	Comprimento total da interface nanoinfiltrada (nm)	Nanoinfiltração (%)
22	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	6723,01	2406,53	35,80%
23	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	5811,38	1529,29	26,32%
24	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	6391,69	2017,80	31,57%
25	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	9878,78	3876,79	39,24%
26	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	7400,04	1142,14	15,43%
27	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	8098,20	2190,00	27,04%
28	Scotchbond Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	7914,26	1682,90	21,26%
29	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	7566,47	1057,80	13,98%
30	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	5366,37	187,69	3,50%
31	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	10891,46	1169,81	10,74%
32	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	4590,14	388,87	8,47%
33	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	6392,49	824,68	12,90%
34	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	4872,64	646,00	13,26%
35	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Húmida	5162,26	284,94	5,52%
36	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	8708,90	1567,97	18,00%
37	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	6836,86	1237,52	18,10%
38	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	5432,51	1102,61	20,30%
39	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	7719,10	40,35	0,52%
40	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	6512,06	39,34	0,60%
41	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	6639,29	1066,79	16,07%
42	Futurabond U	<i>Self-etch</i>	Seca	6030,09	964,82	16,00%
43	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	5684,26	1469,14	25,85%
44	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	6010,85	1189,22	19,78%
45	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	4779,25	1485,15	31,08%

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Comprimento total da interface (nm)	Comprimento total da interface nanoinfiltrada (nm)	Nanoinfiltração (%)
46	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	3858,24	1741,39	45,13%
47	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	4577,67	1988,33	43,44%
48	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	5702,75	2372,44	41,60%
49	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	5567,63	2186,16	39,27%
50	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	6171,70	2670,51	43,27%
51	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	5490,75	1011,66	18,42%
52	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	4412,52	1224,52	27,75%
53	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	6453,67	1855,91	28,76%
54	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	4874,01	1599,54	32,82%
55	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	5875,05	1878,25	31,97%
56	Futurabond U	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	4982,17	1435,18	28,81%
57	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	5781,81	196,90	3,41%
58	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	6872,06	1062,46	15,46%
59	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	5866,66	1155,69	19,70%
60	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	7512,54	147,47	1,96%
61	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	6996,44	711,86	10,17%
62	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	6449,76	180,05	2,79%
63	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Húmida	7783,92	697,50	8,96%
64	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	8607,88	430,39	5,00%
65	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	3694,11	184,71	5,00%
66	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	5751,95	626,75	10,90%
67	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	9002,20	1244,77	13,83%
68	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	5941,99	129,38	2,18%
69	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	6694,36	200,83	3,00%

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Comprimento total da interface (nm)	Comprimento total da interface nanoinfiltrada (nm)	Nanoinfiltração (%)
70	Adhese Universal	<i>Self-etch</i>	Seca	6014,76	65,63	1,09%
71	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	5503,69	1664,86	30,25%
72	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	6789,88	2224,00	32,75%
73	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	8007,59	1865,04	23,29%
74	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	7430,46	1696,05	22,83%
75	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	8153,60	1208,22	14,82%
76	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	6293,11	1191,69	18,94%
77	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	7074,75	3421,81	48,37%
78	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	6277,20	625,69	9,97%
79	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	8398,76	1236,27	14,72%
80	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	8132,29	2019,17	24,83%
81	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	7505,31	2277,74	30,35%
82	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	7338,75	2471,73	33,68%
83	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	8170,60	3093,11	37,86%
84	Adhese Universal	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	5522,77	2106,91	38,15%
85	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	7930,22	713,72	9,00%
86	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	9525,38	1090,91	11,45%
87	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	7872,24	0,00	0,00%
88	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	8813,26	258,26	2,93%
89	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	9401,06	145,97	1,55%
90	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	8419,91	640,88	7,61%
91	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Húmida	6217,45	15,57	0,25%
92	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	7628,5362	381,43	5,00%
93	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	6905,5236	14,05	0,20%

Dente	Adesivo	Técnica	Condição de dentina	Comprimento total da interface (nm)	Comprimento total da interface nanoinfiltrada (nm)	Nanoinfiltração (%)
94	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	8053,9122	614,01	7,62%
95	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	7520,5464	378,26	5,03%
96	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	5969,19	0,00	0,00%
97	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	7492,0614	13,67	0,18%
98	Clearfil SE Bond	<i>Self-etch</i>	Seca	5885,51	296,12	5,03%
99	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	8517,14	2825,99	33,18%
100	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	8346,23	2712,03	32,49%
101	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	7646,01	1415,64	18,51%
102	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	5882,60	3557,84	60,48%
103	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	8045,81	4927,27	61,24%
104	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	5784,61	725,92	12,55%
105	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Húmida	5728,02	3594,93	62,76%
106	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	7672,00	702,68	9,16%
107	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	9293,55	3014,35	32,43%
108	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	7488,58	1774,71	23,70%
109	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	7240,01	1540,29	21,27%
110	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	6057,04	2042,22	33,72%
111	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	9167,31	3137,15	34,22%
112	Optibond Solo Plus	<i>Etch-and-rinse</i>	Seca	2814,36	892,55	31,71%

X. Anexos

Instruções dos fabricantes

1. 3M ESPE – Scotchbond Universal

3M ESPE

Scotchbond™ Universal
Adhesive



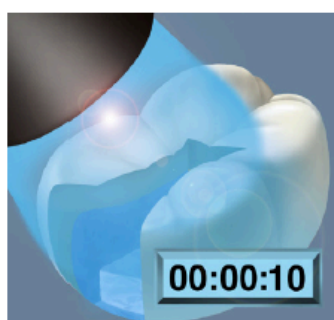
1

- Apply the adhesive to the prepared tooth and rub it in for 20 seconds.



2

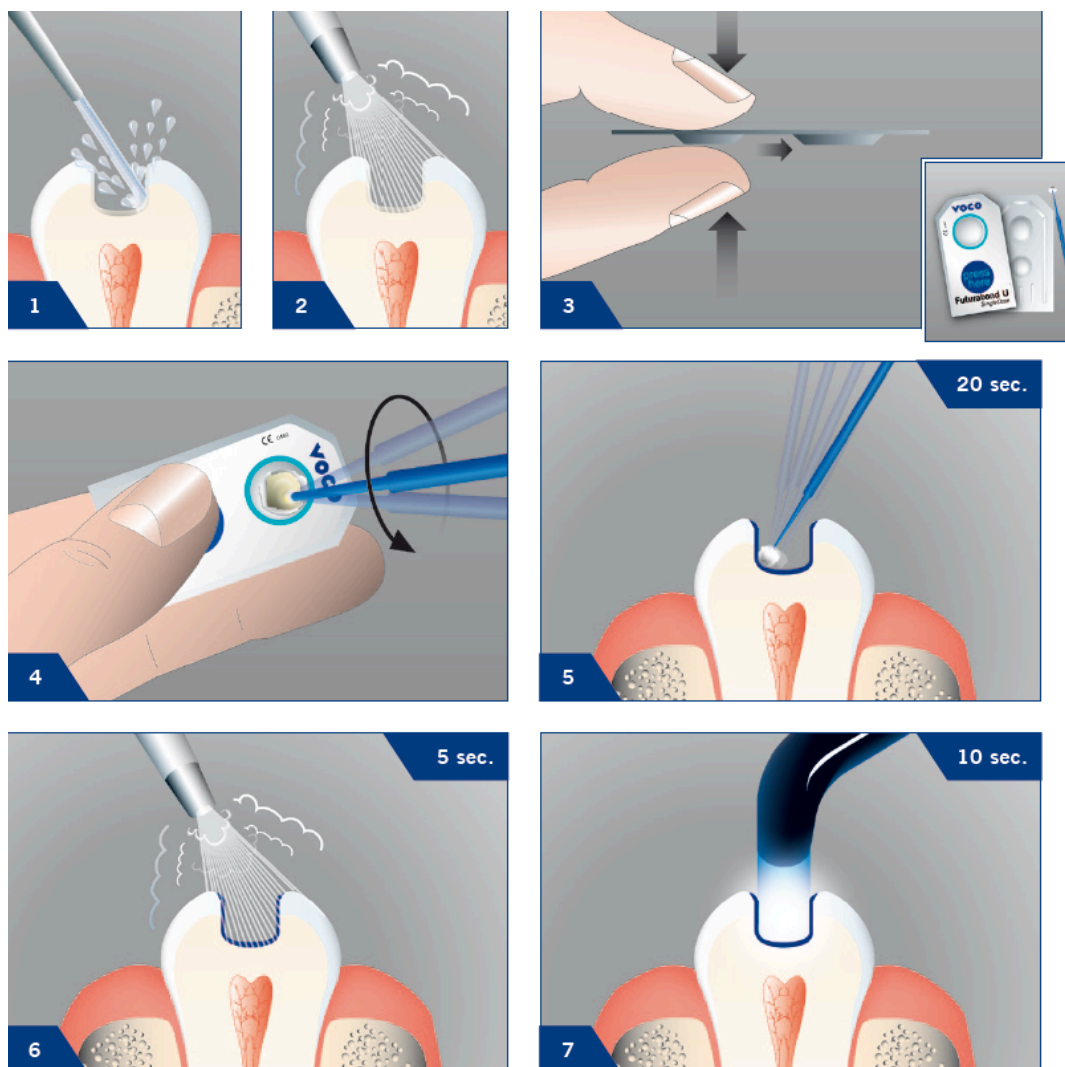
- Gently air dry the adhesive for approximately 5 seconds to evaporate the solvent.



3

- Light cure for 10 seconds.

2. Voco – Futurabond U



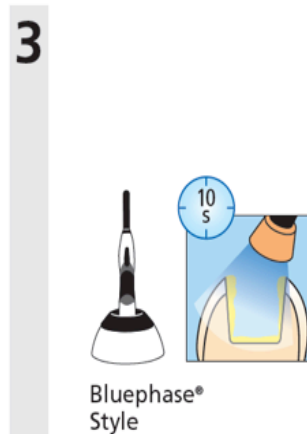
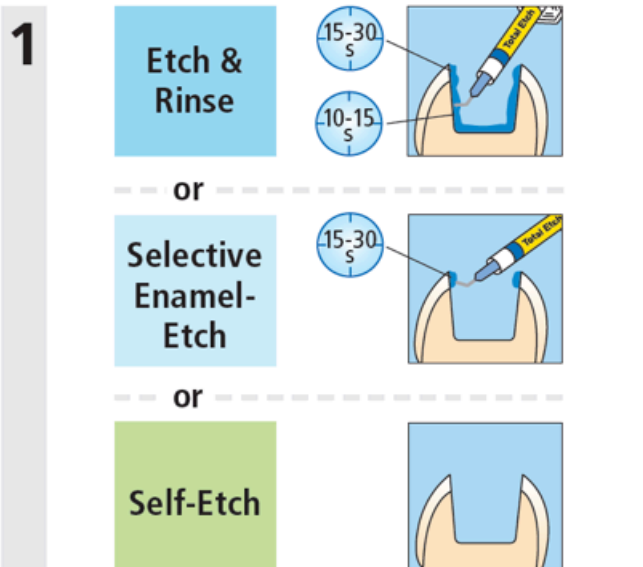
Futurabond® U

Instructions for light-cure materials

3. Ivoclar Vivadent – Adhese Universal

Adhese® Universal

Procedure for direct/indirect restorations
Vorgehensweise bei direkter/indirekter Restaurationen



Date information prepared: 2015-02-12
663700/Rev. 1

**ivoclar
vivadent:**
clinical

4. Kuraray – Clearfil SE Bond

CLEARFIL™ SE BOND KIT
RESIN-BASED DENTAL ADHESIVE SYSTEM

Flow Chart Sheet

Case A Direct filling restorations



5. Kerr - Optibond SOLO Plus

OptiBond™ Solo Plus

Direct Technique



1. Etch* enamel and dentin for 15 seconds. Rinse for 15 seconds and gently air dry. Do not desiccate.



2. Apply OptiBond Solo Plus** for 15 seconds using light brushing motion.



3. Air thin for 3 seconds. Avoid pooling. Light cure.***



4. Place composite and light cure.***

**FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA****Comissão de Ética para a Saúde (CES-FMDUL)****PARECER**

A Comissão de Ética para a Saúde da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa (CES-FMDUL), apreciou o pedido de parecer apresentado pela estudante de doutoramento Virgínia Carvalho Santos, referente à colheita de dentes humanos necessários para o projeto de investigação.

A CES-FMDUL considera não revestir qualquer problema ético a referida recolha desde que não sejam identificados ou identificáveis os dentes obtidos.

Assim, a CES-FMDUL decidiu emitir **parecer favorável**.

Lisboa, 1 de Julho de 2013

O presidente da CES-FMDUL

(Professor Catedrático João Aquino)